

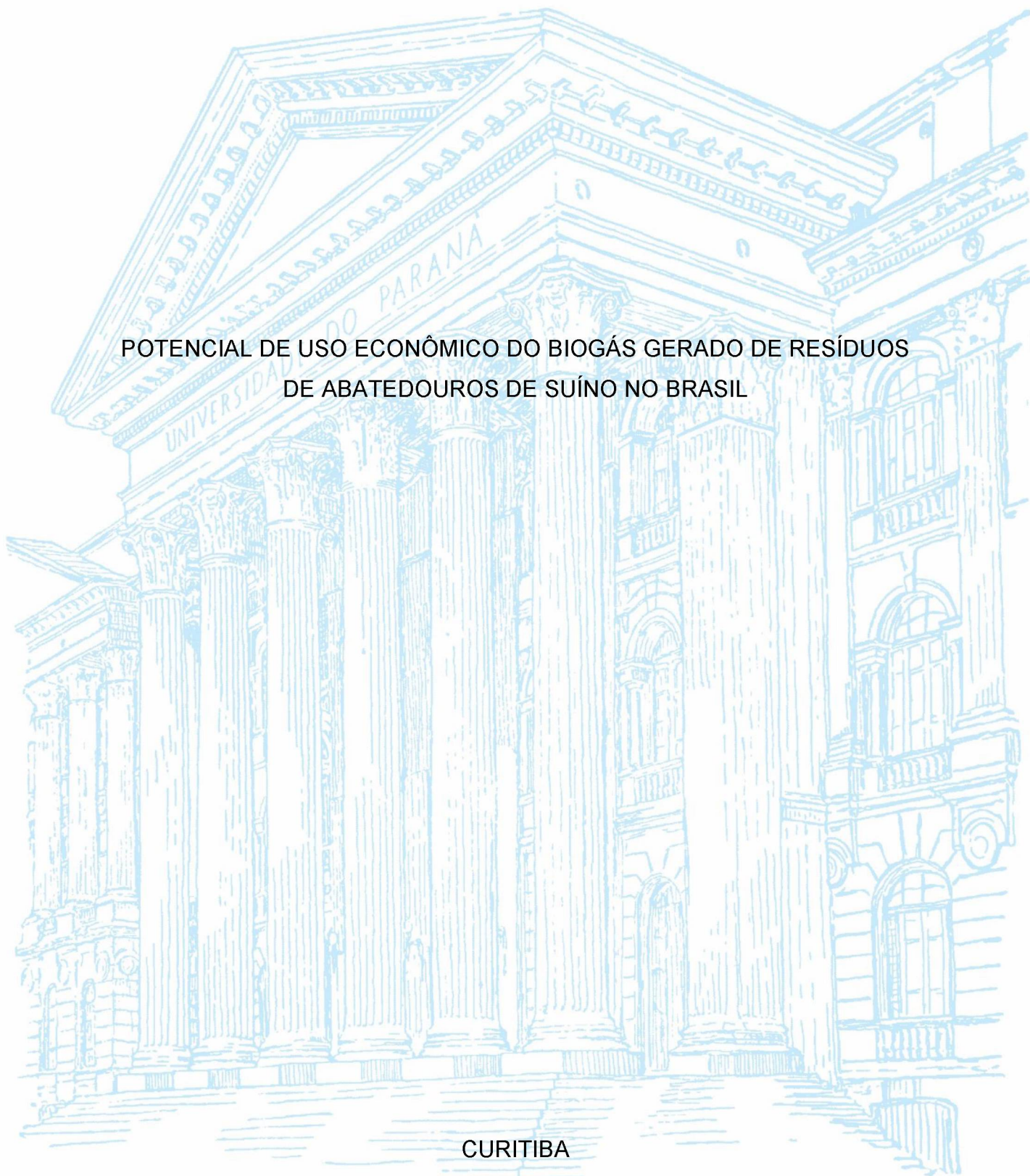
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THIAGO PECK DO AMARAL

POTENCIAL DE USO ECONÔMICO DO BIOGÁS GERADO DE RESÍDUOS
DE ABATEDOUROS DE SUÍNO NO BRASIL

CURITIBA

2021



THIAGO PECK DO AMARAL

POTENCIAL DE USO ECONÔMICO DO BIOGÁS GERADO DE RESÍDUOS
DE ABATEDOUROS DE SUÍNO NO BRASIL

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial, no curso de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná SENAI-PR e Universität Stuttgart.

Orientadora: Profa. Dra. Elaine Vosniak Takeshita

Coorientadora: Profa. Dra. Mônica Beatriz Kolicheski

CURITIBA

2021

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

A485p Amaral, Thiago Peck do
 Potencial de uso econômico do biogás gerado de resíduos de abatedouros de suíno no Brasil
 [recurso eletrônico] / Thiago Peck do Amaral. – Curitiba, 2020.

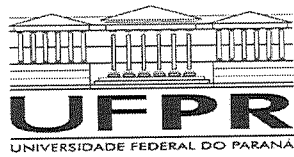
 Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-
Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial – PPGMAUI, 2020.

 Orientadora: Elaine Vosniak Takeshita.
 Coorientadora: Mônica Beatriz Kolichski.

 1. Matadouros. 2. Biogás. 3. Energia - Fontes alternativas. I. Universidade Federal do Paraná. II.
Takeshita, Elaine Vosniak. III. Kolichski, Mônica Beatriz. IV. Título.

CDD: 333.794

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEIO AMBIENTE
URBANO E INDUSTRIAL - 40001016057P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **THIAGO PECK DO AMARAL** intitulada: **POTENCIAL DE USO ECONÔMICO DO BIOGÁS GERADO DE RESÍDUOS DE ABATEDOUROS DE SUÍNOS NO BRASIL**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 17 de Dezembro de 2020.

Assinatura Eletrônica

12/03/2021 12:09:18.0

ELAINE VOSNIAK TAKESHITA

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

12/03/2021 14:05:41.0

ALVARO LUIZ MATHIAS

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

12/03/2021 11:19:23.0

MARCELO RODRIGUES

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR)

Centro Politécnico - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-3614 - E-mail: ppgmaui@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 82340

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 82340

Dedico esse trabalho a minha família, pilar de sustentação na minha vida, especialmente a minha esposa Nathália e meu filho Enrico, fontes de inspiração diária.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Prof. Dra. Elaine Vosniak Takeshita, pela orientação, apoio e direcionamentos apontados durante a execução desse trabalho, bem como pela amizade e bom convívio que tivemos.

A minha co-orientadora Prof. Dra. Mônica Beatriz Kolicheski, pelas correções apontadas e direcionamentos, bem como pelo conhecimento passado, juntamente dos demais professores do Programa de Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial – PPGMAUI.

A minha família, meu pai Celso, pela confiança que sempre depositou em mim, minha mãe Rosânia pelo amor e acolhimento incondicional e especialmente a minha esposa Nathália, com quem tenho o privilégio de compartilhar da vida diariamente e sonhar o futuro.

Acima de tudo, a Deus, pelo dom da vida, salvação em Jesus Cristo e benção de me permitir concluir mais essa etapa, pois Dele vem toda a sabedoria e conhecimento.

“Ó profundidade da riqueza da sabedoria e do conhecimento de Deus! Quão insondáveis são os seus juízos, e inescrutáveis os seus caminhos! Quem conheceu a mente do Senhor? Ou quem foi seu conselheiro? Quem primeiro lhe deu, para que ele o recompense? Pois dele, por ele e para ele são todas as coisas.

A ele seja a glória para sempre! Amém.”

(Romanos, 11, 33-36)

RESUMO

Com o aumento da produção de carne suína no Brasil e a crescente preocupação com a questão ambiental, cresce a necessidade de buscar fontes alternativas de energia, capazes de suprir a demanda energética dessas indústrias e reduzir os impactos ambientais, bem como os custos associados as fontes tradicionais de energia. O presente trabalho teve por finalidade avaliar o potencial de uso econômico do biogás gerado de resíduos de abatedouros de suínos no Brasil no período de 2020 a 2030. Os dados da produção de carne suína da série histórica (2010 a 2020), apontaram para um crescimento do setor de 3,58% ao ano a nível nacional até o ano de 2030, quando se estima a produção de cerca de 6 milhões de toneladas da proteína por ano. Levando em conta os dados históricos para calcular a taxa média de crescimento anual dos principais estados produtores de carne suína, estima-se que o estado do Paraná (5,38% a.a.) poderá se igualar o estado de Santa Catarina (2,81% a.a.) em 2030, quando produzirão juntos o equivalente a 67% da produção de carne suína em todo o território nacional. Adotando-se a taxa real de crescimento de 1,8% a.a., média dos últimos 10 anos (2010 a 2020), estima-se que o estado do Rio Grande do Sul cresça cerca de apenas 20% ao longo da próxima década (2020 a 2030). O potencial de produção de biogás dos resíduos gerados pelo setor em todo o território nacional até o ano de 2030, é estimado em 6,3 bilhões de m³, volume acumulado no período. Esse volume representa cerca de 43% do biogás gerado em todo o território nacional no ano de 2019 e seria capaz de suprir simultaneamente a demanda de energia elétrica, com uma economia de US\$4,8 bilhões para o setor, e GLP, com uma economia de \$152 milhões que seriam gastos com o combustível na próxima década. Considerando apenas os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a aplicação do biogás para geração de energia elétrica nos abatedouros de suínos nos próximos 10 anos, é estimada em uma economia de cerca de US\$3,2 bilhões, equivalente a 66% do custo evitado com energia elétrica pelo setor em todo o país no respectivo período. No entanto, esse volume não atenderia a demanda energética de lenha nas caldeiras, de 9,4 bilhões de m³, que, em termos ambientais, demonstrou ser uma boa alternativa, na medida em que contribui diretamente para a melhoria da qualidade do ar e consequentemente da saúde humana. Embora o uso econômico do biogás seja viável, quando comparado diretamente aos custos com energia elétrica e GLP, o investimento previsto para produzir o volume de biogás de US\$51 bilhões é cerca de 10 vezes maior que o custo evitado com as aplicações do biogás na indústria de abate de suínos, de aproximadamente US\$5 bilhões. Esse alto custo é devido, principalmente, a falta de políticas públicas para investimentos em novas tecnologias, uma barreira limitante para a utilização do biogás no Brasil.

Palavras-chave: Abatedouro de suínos. Biogás. Energia limpa. Uso econômico.

ABSTRACT

With the increase in pork production in Brazil and the growing concern with the environmental issue, there is a growing need to seek alternative sources of energy, capable of meeting the energy demand of these industries and reducing the environmental impacts, as well as the costs associated with the sources traditional energy sources. The purpose of this work was to evaluate the potential for economic use of biogas generated from pig slaughterhouse residues in Brazil in the period from 2020 to 2030. The pork production data from the historical series (2010 to 2020), pointed to a growth from the sector of 3.58% per year at national level until the year 2030, when it is estimated the production of about 6 million tons of protein per year. Taking into account the historical data to calculate the average annual growth rate of the main pork producing states, it is estimated that the state of Paraná (5.38% per year) may equal the state of Santa Catarina (2.81% aa) in 2030, when they will produce together the equivalent to 67% of the pork production in the whole national territory. Adopting the real growth rate of 1.8% pa, average over the last 10 years (2010 to 2020), it is estimated that the state of Rio Grande do Sul will grow by only 20% over the next decade (2020 to 2030). The biogas production potential of the waste generated by the sector throughout the national territory until the year 2030, is estimated at 6.3 billion m³, an accumulated volume in the period. This volume represents approximately 43% of the biogas generated throughout the national territory in 2019 and would be able to simultaneously supply the demand for electricity, with savings of US \$ 4.8 billion for the sector and LPG, with savings of \$ 152 million that would be spent on fuel over the next decade. Considering only the states of Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul, the application of biogas to generate electricity in pig slaughterhouses over the next 10 years is estimated to save approximately US \$ 3.2 billion, equivalent to 66 % of the cost avoided with electricity by the sector across the country in the respective period. However, this volume would not meet the energy demand for firewood in the boilers, of 9.4 billion m³, which, in environmental terms, proved to be a good alternative, as it directly contributes to the improvement of air quality and consequently human health. Although the economic use of biogas is feasible, when compared directly to the costs of electricity and LPG, the expected investment to produce the volume of biogas of US \$ 51 billion is about 10 times greater than the cost avoided with biogas applications in the industry. of pig slaughter, of approximately US \$ 5 billion. This high cost is mainly due to the lack of public policies for investments in new technologies, a limiting barrier for the use of biogas in Brazil.

Keywords: Pig slaughterhouse. Biogas. Clean energy. Economic use.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PRODUÇÃO ANUAL DE SUÍNOS NO BRASIL.....	20
FIGURA 2 – PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA POR ESTADO (2019).....	21
FIGURA 3 – NÚMERO DE SUÍNOS ABATIDOS – REGIÃO SUL DO BRASIL	22
FIGURA 4 – EXPORTAÇÕES DE CARNE SUÍNA - BRASIL (2010 A 2019).....	22
FIGURA 5 – PRODUÇÃO MUNDIAL DE CARNE SUÍNA (2019).	24
FIGURA 6 – DIAGRAMA: PROCESSO DO ABATE DE SUÍNOS E FONTES GERADORAS DE EFLUENTES E RESÍDUOS.	26
FIGURA 7 – PRINCIPAIS RESÍDUOS GERADOS EM ABATEDOUROS DE SUÍNOS – QUANTIDADES MÉDIAS (%) POR ANIMAL ABATIDO.	27
FIGURA 8 – BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E FORMAÇÃO DO BIOGÁS	29
FIGURA 9 – CONSUMO DE ENERGIA - CASA DE MÁQUINAS	35
FIGURA 10 – REFRIGERAÇÃO DE CÂMARA FRIGORÍFICA.....	35
FIGURA 11 CALDEIRA A LENHA EM UMA INDÚSTRIA DE ABATE DE SUÍNOS..	37
FIGURA 12 – PÁTIO DE ESTOCAGEM DE MADEIRA – FOTO MILTON SOUZA ..	37
FIGURA 13 – PROCESSO DE CHAMUSCAGEM DE SUÍNOS	41
FIGURA 14 – PROCESSO DA INSENSIBILIZAÇÃO ELÉTRICO DE SUÍNOS	41
FIGURA 15 – PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA: TAXA DE CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL PARA O BRASIL – SÉRIE HISTÓRICA 2010 A 2019.....	59
FIGURA 16 – PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NOS ESTADOS DO PR, SC, E RS: TAXA DE CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL – SÉRIE HISTÓRICA 2010 A 2019.....	60
FIGURA 17 – PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA EM 2020 POR ESTADO BRASILEIRO (%)	61
FIGURA 18 – ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL – 2020 A 2030.....	62
FIGURA 19 – PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL - COMPARATIVO 2020 / 2030.....	63
FIGURA 20 – ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE CARNE: BRASIL – 2020 A 2030.	64
FIGURA 21 – PRODUÇÃO DE BIOGÁS NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL – COMPARATIVO 2020/2030.....	69
FIGURA 22 – COMPARATIVO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS X VOLUME DE BIOGÁS EQUIVALENTE – ENERGIA ELÉTRICA, GLP E LENHA.....	70

FIGURA 23 – APLICAÇÕES DO BIOGÁS E SEUS SUBPRODUTOS NA INDÚSTRIA DE ABATE DE SUÍNOS.....	72
FIGURA 24 – COMPARATIVO INVESTIMENTO DE CAPITAL X CUSTO ENERGIA ELÉTRICA.....	75
FIGURA 25 – INVESTIMENTO PARA ATENDER A DEMANDA DE BIOGÁS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATÉ 2030 – BRASIL, PR, SC E RS	76
FIGURA 26 – CUSTO EVITADO COM ENERGIA ELÉTRICA NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL – 2020 A 2030	79
FIGURA 27 – CUSTO EVITADO COM ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DA INSENSIBILIZAÇÃO GASOSA	81
FIGURA 28 – VOLUME ESTIMADO DE GLP PARA ATENDER A DEMANDA NO SETOR EM 2030.....	82
FIGURA 29 – CUSTO EVITADO COM GLP A PARTIR DA GERAÇÃO DO BIOMETANO EQUIVALENTE NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL EM 2030.	84
FIGURA 30 – POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS x VOLUME ESTIMADO DE BIOGÁS EQUIVALENTE PARA ATENDER A DEMANDA ENERGÉTICA NAS CALDEIRAS	85
FIGURA 31 – CUSTO EVITADO COM A APLICAÇÃO DO BIOGÁS COMO COMBUSTÍVEL SUBSTITUTO A LENHA NAS CALDEIRAS	86
FIGURA 32 – CUSTO EVITADO PARA O SETOR POR MEIO DA APLICAÇÃO DO BIOGÁS.....	88
FIGURA 33 – CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA O PONTENCIAL DE PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NO BRASIL	93
FIGURA 34 – CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA O PONTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM ABATEDOURO DE SUÍNOS EM TERRITÓRIA NACIONAL.....	93

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – NÚMERO DE SUÍNOS ABATIDOS – BRASIL (2016 - 2020).....	21
TABELA 2 – EXPORTAÇÃO DE CARNE SUÍNA EM 2019 POR ESTADO BRASILEIRO (%)	23
TABELA 3 – COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS PRODUZIDO POR BIOMASSA DE SUINOCULTURA.....	33
TABELA 4 – EQUIVALÊNCIA ENTRE O GLP E OUTROS COMBUSTÍVEIS.	40
TABELA 5 – VARIAÇÃO DO PODER CALORÍFICO EM RELAÇÃO À COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS.....	43
TABELA 6 – CUSTOS CONSIDERADOS COM A PRODUÇÃO DO BIOGÁS	49
TABELA 7 – DADOS ADOTADOS PARA CALCULOS DO CUSTO COM DIÓXIDO DE CARBONO	54
TABELA 8 – PARTICIPAÇÃO DOS ESTADOS BRASILEIROS NA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA.....	61
TABELA 9 – POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO BRASIL	66
TABELA 10 – POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO BRASIL, PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL - 2020 A 2030.....	68
TABELA 11 – CUSTO PROJETADO COM ENERGIA ELÉTRICA PARA O SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL – 2020 A 2030.....	74
TABELA 12 – CUSTO EVITADO COM ENREGIA ELÉTRICA NO SETOR DE ABATE DE SUÍNOS BRASIL – 2020 A 2030.....	78
TABELA 13 – CUSTO PROJETADO COM ENERGIA ELÉTRICA NO PROCESSO DE INSENSIBILIZAÇÃO DE SUÍNOS NO BRASIL –2020 A 2030	79
TABELA 14 – CUSTO EVITADO COM ENERGIA ELÉTRICA: INSENSIBILIZAÇÃO GASOSA (CO ₂) NO SETOR DE ABATE DE SUÍNOS BRASIL.....	80
TABELA 15 – CUSTO EVITADO COM GLP NA CHAMUSCAGEM DE SUINOS – 2020 A 2030.....	83
TABELA 16 – CUSTO EVITADO COM LENHA – 2020 A 2030	86
TABELA 17 – COMPARATIVO DO INCREMENTO ECONÔMICO DAS APLICAÇÕES DO BIOGÁS NA IND	87
TABELA 18 – FATORES DE SUCESSO: USO ECONÔMICO DO BIOGÁS	89
TABELA 19 – PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE OS DOIS CENÁRIOS ALTERNATIVOS	92

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CNTP – Condições Normais de Temperatura e Pressão
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COWI – Associação de Consultores e Engenheiros da Dinamarca
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEPA – Agência Dinamarquesa de Proteção Ambiental
DQO – Demanda Química de Oxigênio
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FIEP – Federação das Indústrias do Paraná
IAP – Instituto Ambiental do Paraná
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SIF – Serviço de Inspeção Federal
TRH – Tempo de Retenção Hidráulica
UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

LISTA DE SÍMBOLOS

% – porcentagem

kg – quilograma

kWh – quilowatt hora

PCI – Poder Calorífico Inferior

PCS – Poder Calorífico Superior

pH – Potencial hidrogeniônico

R\$/kg – reais por quilograma

R\$/mês – reais por mês

t – tonelada

tep – tonelada equivalente de petróleo

US\$/kg – dólar americano por quilograma

US\$/mês – dólar americano por mês

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo geral	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 PANORÂMA DO SETOR DE PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NO BRASIL	19
2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS EM ABATEDOUROS DE SUÍNOS	25
2.3 PROCESSO DE GERAÇÃO DO BIOGÁS	27
2.3.1 Biodigestão Anaeróbia	27
2.3.2 Etapas do processo de biodigestão anaeróbia.....	29
2.3.3 Fatores de influência na atividade anaeróbia	30
2.4 O BIOGÁS.....	33
2.4.1 Aplicações do biogás no setor industrial	34
2.4.2 Purificação do Biogás.....	42
3 MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1 ESTIMATIVAS DE CRESCIMENTO DO SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL	46
3.2 POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO BRASIL – 2020 A 2030.....	47
3.3 POTENCIAL DE USO ECONÔMICO DO BIOGÁS PARA O SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL.....	48
3.3.1 Custo com a geração do biogás.....	49
3.3.2 Custo evitado com energia elétrica	50
3.3.3 Custo evitado no processo de insensibilização elétrica	53
3.3.4 Custo evitado com GLP no processo de chamuscagem	54
3.3.5 Custo evitado com lenha nas caldeiras.....	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 TAXA REAL DE CRESCIMENTO DO SETOR DE CARNE SUÍNA NO BRASIL – ANÁLISE HISTÓRICA 2010 A 2019	59
4.2 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO CARNE SUÍNA NO BRASIL – 2020 A 2030.....	62
4.3 POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO BRASIL – 2020 A 2030.....	65
4.4 LEVANTAMENTO DAS POSSÍVEIS APLICAÇÕES DO BIOGÁS E SEUS SUBPRODUTOS NA INDÚSTRIA DE ABATE DE SUÍNOS	71

4.5 POTENCIAL DO USO ECONÔMICO DO BIOGÁS PARA O SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL.....	73
4.5.1 Custo evitado com energia elétrica	73
4.5.1.1 Custo evitado com a insensibilização elétrica	79
4.5.2 Custo evitado com GLP no processo de chamuscagem	82
4.5.3 Custo evitado com lenha nas caldeiras	84
4.6 COMPARATIVO DO INCREMENTO ECÔNOMICO PARA O SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL DAS APLICAÇÕES DO BIOGÁS – HORINZONTE DE ANÁLISE 2030	87
4.7 CENÁRIOS ALTERNATIVOS	89
4.7.1 Cenário pessimista.....	90
4.7.2 Cenário otimista	91
5 CONCLUSÃO	95
6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	97
REFERÊNCIAS.....	98
APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO DA TAXA MÉDIA ESTIMADA DE CRESCIMENTO AO ANO.....	106
APÊNDICE B – MEMORIAL DE CÁLCULO DA TAXA REAL DE CRESCIMENTO AO ANO.....	107
APÊNDICE C – MEMORIAL DE CÁLCULO DA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NO BRASIL, PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL.....	108
APÊNDICE D – MEMORIAL DE CÁLCULO DO VOLUME DE BIOGÁS EQUIVALENTE A DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL – 2020 A 2030	109
APÊNDICE E – MEMORIAL DE CÁLCULO DO CUSTO EVITADO COM ENERGIA ELÉTRICA NO SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL – 2020 A 2030.....	111
APÊNDICE F – MEMORIAL DE CÁLCULO DO VOLUME DE BIOGÁS EQUIVALENTE A DEMANDA ENERGÉTICA DE GLP NO PROCESSO DE CHAMUSCAGEM DE SUÍNOS - BRASIL, PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL	113
APÊNDICE G – MEMORIAL DE CÁLCULO DO CUSTO EVITADO COM GLP NO BRASIL, PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL	115

APÊNDICE H – MEMORIAL DE CÁLCULO DO VOLUME DE BIOGÁS EQUIVALENTE A DEMANDA ENERGÉTICA DE LENHA NAS CALDEIRAS - BRASIL, PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL	117
APÊNDICE I – MEMORIAL DE CÁLCULO DO CUSTO EVITADO COM LENHA NAS CALDEIRAS - BRASIL, PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL	119
ANEXO 1 – LICENÇA DE OPERAÇÃO (L.O) DAS MAIORES INDÚSTRIAS DE ABATE DE SUÍNOS DO PARANÁ.....	121

1 INTRODUÇÃO

A Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) estima que a maior parte dos impactos econômicos do setor industrial brasileiro ocorrerá entre os próximos 10 e 15 anos, sendo esses impactos provenientes principalmente dos avanços tecnológicos, capazes de impulsionar expressivamente a produtividade, alterando profundamente os modelos de negócios e as competências necessárias para a maior agregação de valor ao longo das cadeias. É deste fenômeno que se referem os termos “indústria 4.0”, “manufatura avançada”, ou então simplesmente “indústria do futuro”. (IEDI, 2019).

Dentre os setores industriais que mais se destacam nesse contexto estão as agroindústrias, com o aumento da eficiência de produção agrícola proveniente de novas tecnologias, tais como a análise remota das operações no campo e a utilização de drones capazes de detectar a presença de pragas, que favorecem projeções de crescimento e potencial econômico nos próximos 10 anos (BRASIL, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO, 2019).

De acordo com pesquisa da Embrapa, “Visão 2030 - o futuro da agricultura brasileira”, o setor de carne suína apresentará um incremento das exportações de 41,9% até o ano de 2027 (BRASIL, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2018).

Por outro lado, o aumento da produtividade do setor, vem preocupando a comunidade científica ao redor do mundo, não apenas no que diz respeito aos impactos ambientais provenientes dos processos industriais, mas também acerca da progressiva diminuição dos recursos naturais, diante das limitantes fontes energéticas disponíveis.

Considerando as indústrias de abate de suínos, onde cerca de 80 a 95% da água consumida é descarregada como efluente líquido, equivalente a 1.200 litros de efluente por suíno, fica evidente a necessidade de se buscar alternativas sustentáveis para os próximos anos.

Tratamentos alternativos de resíduos, tais como o processo de biodigestão anaeróbica da matéria orgânica para a produção de biogás, tem se mostrado eficaz para eliminar a contaminação do solo e da água, bem como a diminuição de odores desagradáveis, eliminação de patógenos e os efeitos nocivos à saúde humana.

Além disso, o biogás produzido a partir dos resíduos industriais, pode ser um excelente recurso para substituir os derivados de petróleo e gás natural, diminuindo significativamente as emissões de gases do aquecimento global e outros impactos ambientais provenientes de processos tradicionais de tratamento de resíduos (BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2020).

Sob o ponto de vista econômico, os resíduos gerados nos processos industriais podem ser considerados um recurso energético em potencial, seja para a produção sustentável de energia elétrica e térmica, ou ainda como fonte alternativa para combustíveis. (LEEUVEN; CAPPON; KEESMAN, 2021)

Sendo assim, a aplicação do biogás como energia alternativa nos processos industriais, representa uma oportunidade para a redução dos custos para as empresas que buscam o desenvolvimento sustentável de suas atividades, produtos e serviços, como fator determinante para a competitividade.

Logo, a investigação da exploração do potencial energético do biogás produzido nessas indústrias é uma questão estrategicamente importante para as empresas por dois fatores, são eles: o esforço contínuo para minimizar os impactos ambientais; e a oportunidade de alavancar os resultados econômicos para o setor (VILVERT, A. et al., 2020).

Nesse sentido, o presente trabalho teve por finalidade avaliar o potencial de uso econômico do biogás gerado de resíduos de abatedouros de suínos no Brasil, considerando as questões ambientais, tendo como horizonte de análise o ano de 2030.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial de uso econômico do biogás gerado de resíduos de abatedouros de suínos no Brasil, como fonte de energia alternativa, considerando as questões ambientais, tendo como horizonte de análise o ano de 2030.

1.1.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral, espera-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Analisar os dados históricos no período de 2010 a 2020 do setor de abate de suínos a nível nacional;
- Estimar as projeções para o setor de abate de suínos no Brasil para os próximos 10 anos (2020 a 2030);
- Calcular o potencial de produção de biogás de abatedouros de suínos no Brasil para os próximos 10 anos (2020 a 2030);
- Calcular os custos evitados com as aplicações do biogás para a geração de energia elétrica, como substituto do GLP no processo de chamuscagem e como substituto à lenha em caldeiras;
- Comparar o potencial econômico (custo evitado) das aplicações do biogás no setor de abate de suínos propostas nesse trabalho para auxiliar na tomada de decisão;
- Analisar as oportunidades para o setor, em termos econômicos e ambientais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PANORÂMA DO SETOR DE PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NO BRASIL

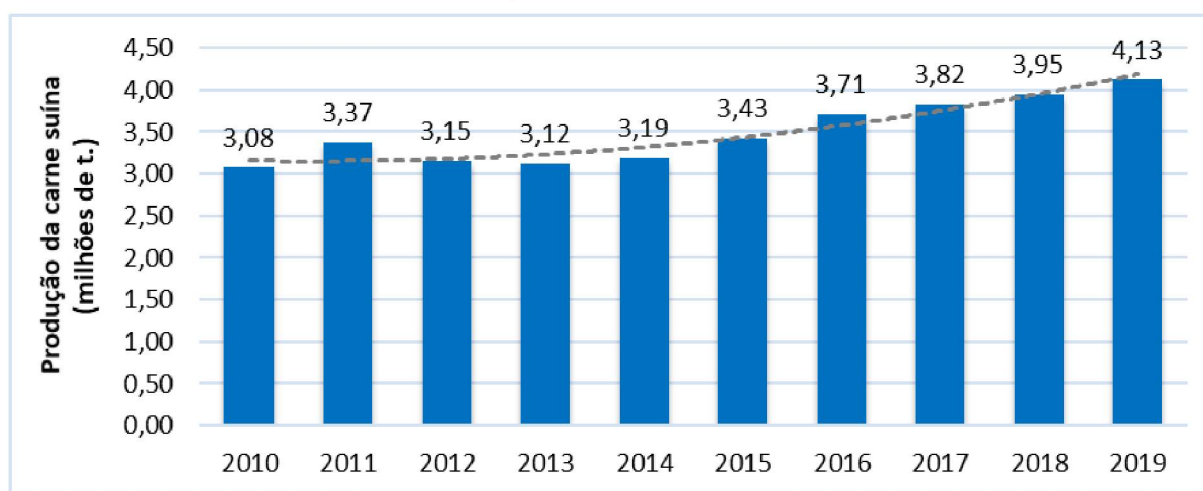
O Brasil ainda tem muito a avançar para ocupar lugar de destaque no cenário mundial de produção de carne suína. No entanto, dados apresentados no relatório de 2018 da “Food and Agriculture Organizations of United Nations” e Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, estimam que haverá avanços significativos na produção nacional para os próximos 10 anos, principalmente pela expansão da área agricultável e ao aumento da eficiência de produção, devido aos fortes investimentos em tecnologia (BRASIL, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO, 2019).

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), os maiores produtores de carne do mundo são: China, União Européia, Estados

Unidos e o Brasil. O Brasil se destaca como segundo maior produtor de carne bovina e de frango do mundo, e ocupa o quarto lugar em produção e exportação de carne suína (EUA, Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA, 2017).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o Brasil é responsável por produzir mais de 3 milhões de toneladas de carne suína por ano, considerando os anos de 2010 a 2019, conforme mostra a FIGURA 1 (BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2020).

FIGURA 1 - PRODUÇÃO ANUAL DE SUÍNOS NO BRASIL.



FONTE: Adaptado de IBGE (2020).

Ao observar a primeira metade da década de 2010, na FIGURA 1, o ano de 2014 pode ser compreendido com um ponto de inflexão na trajetória da taxa de crescimento médio da produção de carne suína no Brasil. Estudos do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, afirmam que esse retorno do crescimento da economia brasileira se deu principalmente devido as novas medidas políticas econômicas adotadas, após anos de queda, advindos da crise de dimensão global iniciada em 2008. (POCHMANN, 2015).

Os primeiros anos da década de 2010, foram marcados pelo aumento da taxa de desemprego, resultante da insuficiência geral de demanda efetiva na economia nacional, levando o Produto Interno Bruto (PIB) a uma queda de 2,7% entre 2012 e 2013 (POCHMANN, 2015).

Na TABELA 1 são apresentados os dados dos últimos 5 anos da pesquisa trimestral do abate de suínos no Brasil, com um crescendo médio de 3% ao ano (BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2020).

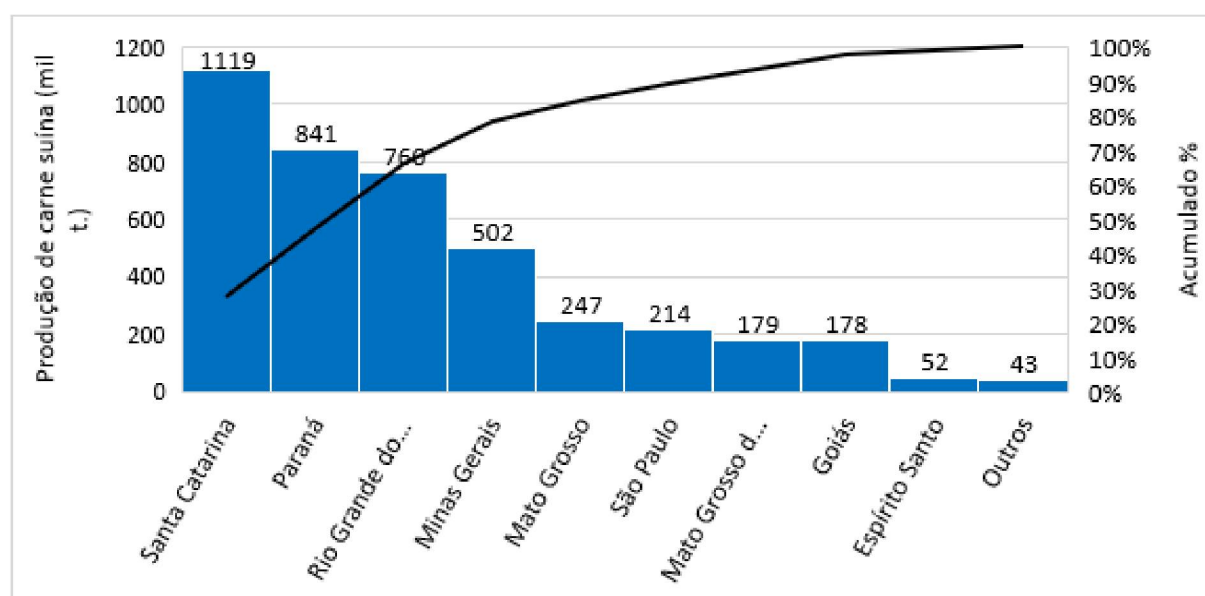
TABELA 1 - NÚMERO DE SUÍNOS ABATIDOS – BRASIL (2016 - 2020)

Mês	Número de animais abatidos (mil cabeças)				
	2016	2017	2018	2019	2020
1º Trimestre	10.195	10.480	10.719	11.299	11.892
2º Trimestre	10.591	10.617	10.826	11.396	12.105
3º Trimestre	10.721	11.036	11.559	11.750	12.707
4º Trimestre	10.812	11.053	11.097	11.886	-
Total no ano	42.320	43.185	44.201	46.331	36.812

FONTE: Adaptado de IBGE (2020).

Os estados da região sul do Brasil ocupam os três primeiros lugares entre os estados que mais produzem carne suína no país nos últimos 10 anos (2010 a 2020). No ano de 2019, os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul foram responsáveis por cerca de 65% de todo abate de suínos em território nacional – 20%, 27% e 18%, respectivamente – conforme apresentado a seguir na FIGURA 2.

FIGURA 2 – PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA POR ESTADO BRASILEIRO (2019)

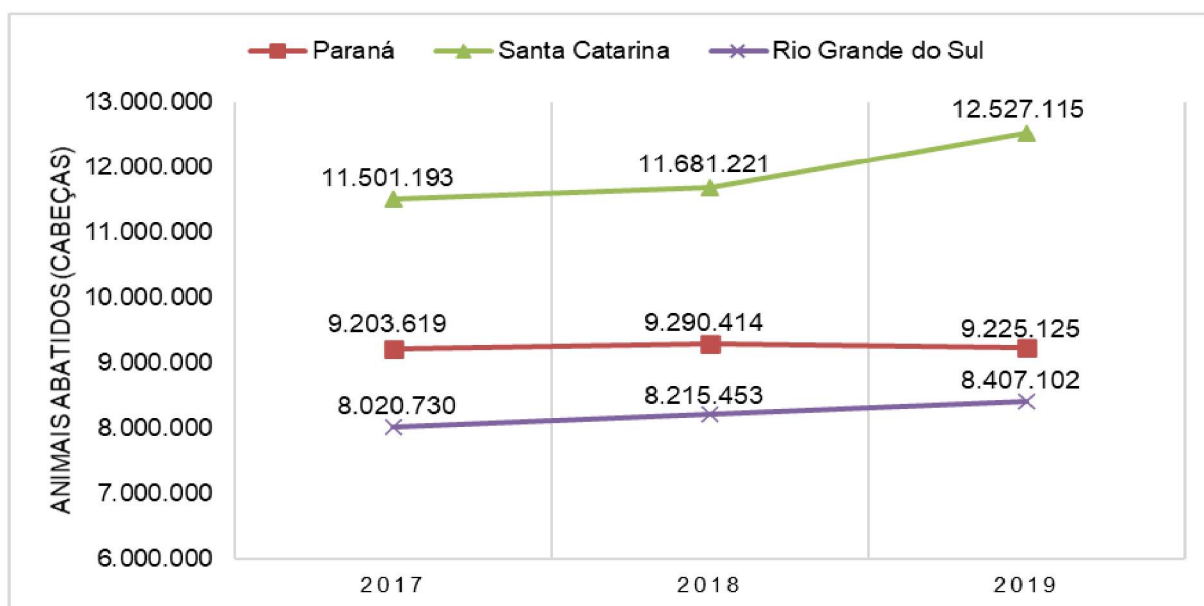


FONTE: Adaptado de ABPA (2020).

Considerando os anos de 2017, 2018 e 2019, os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, apresentaram um crescimento médio do número de

suínos abatidos de 0,12, 4,4% e 2,38% ao ano, respectivamente, conforme mostra a FIGURA 3.

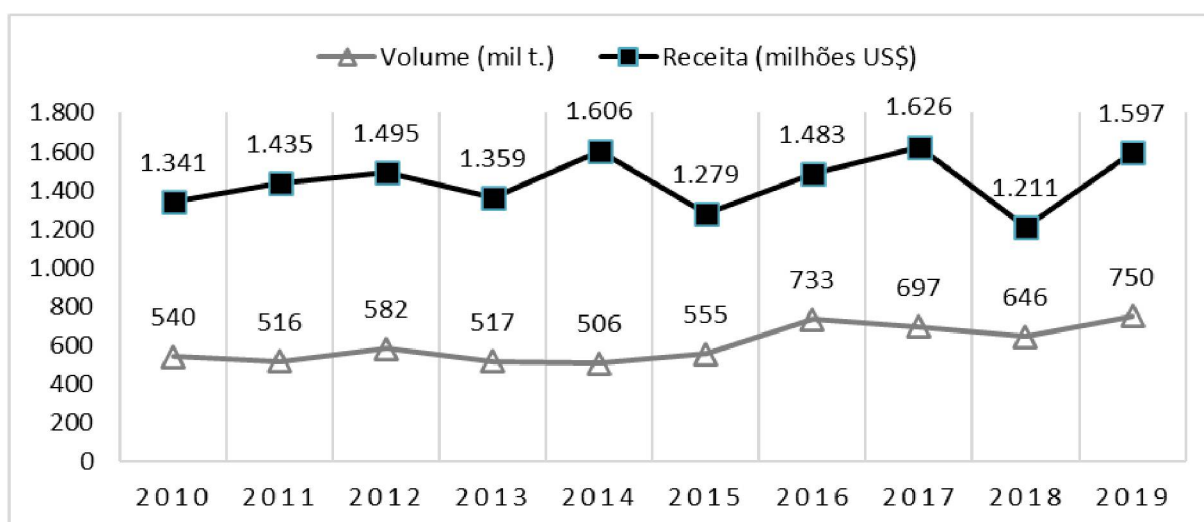
FIGURA 3 – NÚMERO DE SUÍNOS ABATIDOS POR ESTADO DA REGIÃO SUL DO BRASIL



FONTE: Adaptado de ABPA (2020)

Em termos econômicos, o crescimento constante desse setor produtivo nos últimos 10 anos trouxe uma geração de receita de mais de US\$ 14 bilhões para o país, conforme apresentado na FIGURA 4 (ABPA, 2020).

FIGURA 4 – EXPORTAÇÕES DE CARNE SUÍNA - BRASIL (2010 A 2019)



FONTE: Adaptado de ABPA (2020).

É importante observar que a receita tem relação direta com a variação do dólar, o que beneficia o setor, considerando que o dólar vem em uma tendência de forte alta nos últimos 10 anos (BRASIL, BANCO CENTRAL, 2020).

Ainda a nível de exportação, segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal, a região sul do Brasil ocupa o primeiro lugar no cenário das exportações brasileiras. Apenas o estado do Paraná exportou cerca de 72 mil toneladas de carne suína no ano de 2019, o que representa uma renda de aproximadamente US\$ 152 milhões para o estado, cerca de 58% maior que o fechamento de 2018 (YANO, 2019).

A TABELA 2 apresenta o percentual de participação por estado brasileiro nas exportações de carne suína no ano de 2019.

TABELA 2 - EXPORTAÇÃO DE CARNE SUÍNA POR ESTADO BRASILEIRO (%) EM 2019

ESTADO	PARTICIPAÇÃO NA EXPORTAÇÃO BRASILEIRA (%)
SANTA CATARINA	55,65%
RIO GRANDE DO SUL	22,66%
PARANÁ	15,92%
MINAS GERAIS	2,06%
MATO GROSSO	1,77%
OUTROS	1,94%

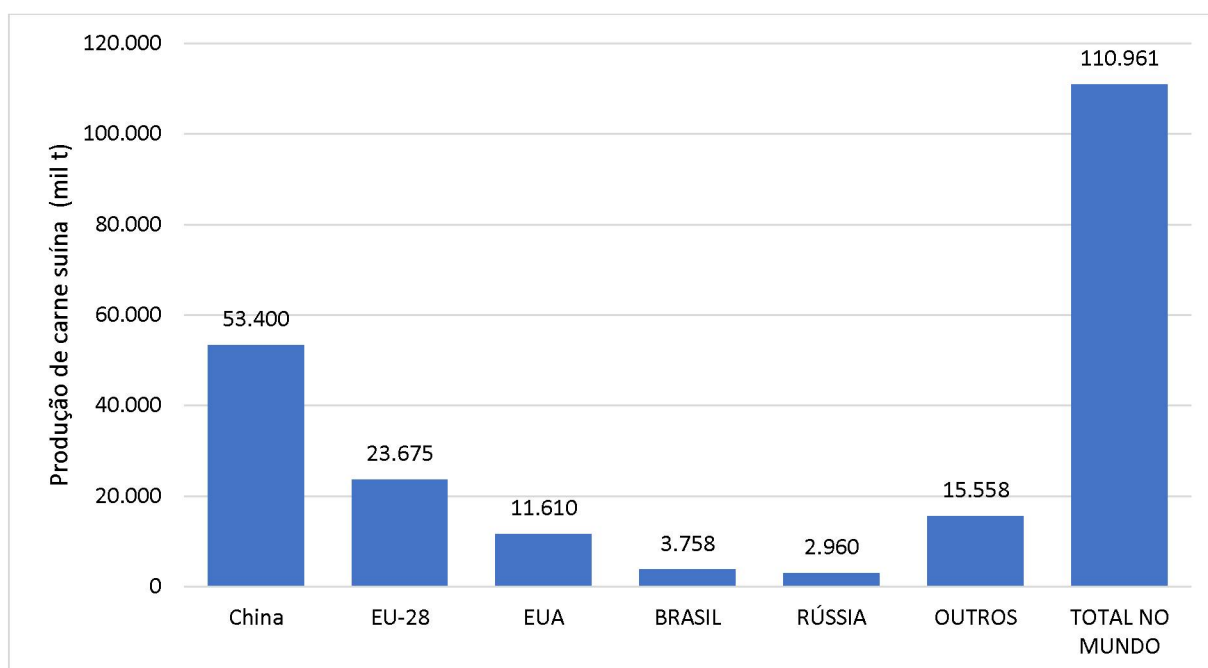
FONTE: Adaptado de ABPA (2020).

O ano de 2019 foi marcado por um crescimento de 59% das exportações brasileiras de carne suína em relação ao ano de 2018, com cerca de 249 mil toneladas exportadas apenas para China, maior produtor da proteína no mundo (BRASIL, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2020).

Esse aumento das exportações brasileiras nos últimos anos deve-se ao surto da crise sanitária mundial da suinocultura, a peste suína africana (PSA), que atingiu os maiores produtores do mundo, a China e a Europa, levando a morte ou abate sanitário de milhões de animais no país (BRASIL, Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA, 2020).

Ocupando o 4º lugar no mercado internacional de carne suína no ano de 2019, o Brasil foi responsável por cerca de 4% da produção mundial, gerando uma receita de cerca de US\$1,6 bilhões, provenientes das exportações mundiais, como mostra FIGURA 5 (BRASIL, Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA, 2020).

FIGURA 5 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE CARNE SUÍNA POR PAÍS (2019).



FONTE: Adaptado de ABPA (2020)

Considerando as perspectivas apresentadas pelo Departamento do Complexo Agroalimentar e de Biocombustíveis (DEAGRO) da Área de Indústria e Serviços (AI) do BNDES, diante dos resultados obtidos é possível afirmar que as empresas agropecuárias brasileiras entre as mais promissoras em termos de competitividade a nível internacional (BRASIL, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, BNDES, 2017).

Conforme afirma a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o setor de abate de suínos brasileiro destaca-se devido ao baixo custo de produção ante os concorrentes estrangeiros, bem como do clima favorável e da ampla disponibilidade de terras cultiváveis ainda não exploradas (BRASIL, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2018).

Mediante o panorama histórico do setor de abate de suínos brasileiro, considerando o forte crescimento da produção nacional nos últimos anos, é evidente a importância de buscar alternativas sustentáveis para o setor, devido aos impactos ambientais provenientes de suas atividades, produtos e serviços, principalmente no que diz respeito a geração de resíduos provenientes de seus processos, tema abordado no próximo capítulo.

2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS EM ABATEDOUROS DE SUÍNOS

Os efluentes industriais de abatedouro de suínos possuem uma alta concentração de matéria orgânica, sólidos em suspensão, nitrogênio e compostos de fósforo, que podem causar poluição da água e fertilização excessiva dos solos. Além disso, esses efluentes são um fonte de vírus e protozoários patógenos, que podem causar doenças em animais e humanos (GARCIA et al., 2020).

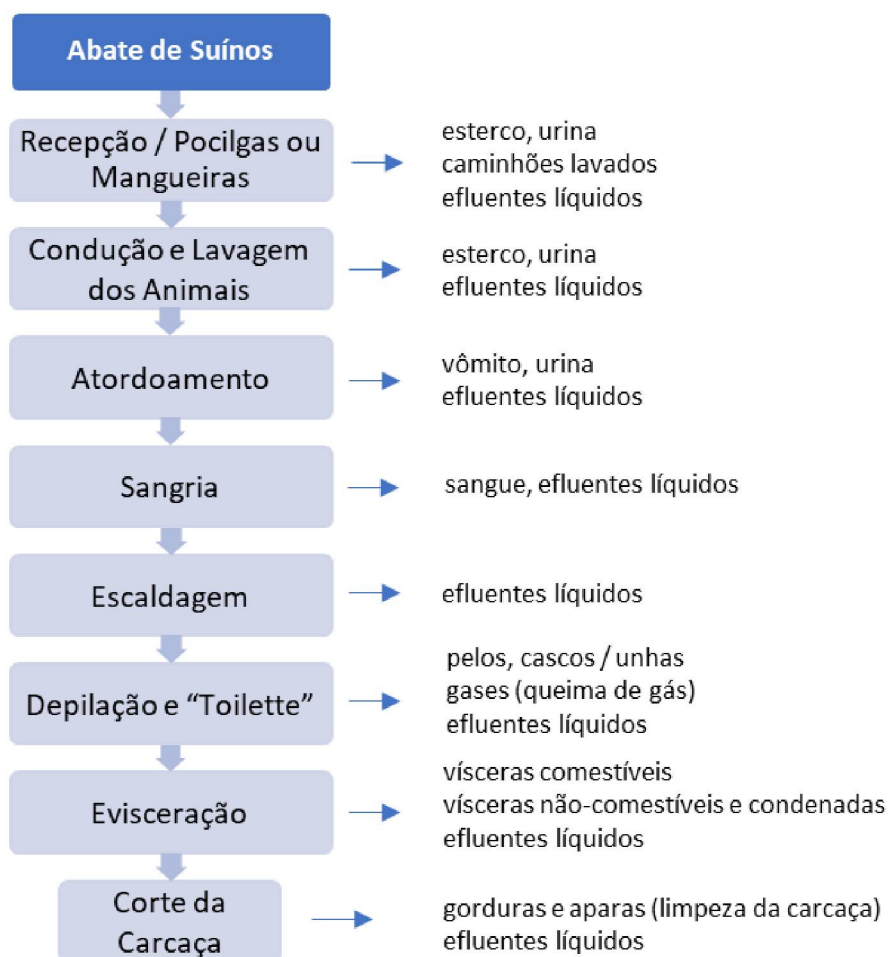
Estima-se a geração de 1.200 litros de efluente por suíno, distribuídos da seguinte forma: 300 litros provenientes da sala de matança; 400 litros das demais dependências internas e 500 litros provenientes das áreas externas (PACHECO; YAMANAKA, 2006).

Pesquisas do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas apontam que, para esse tipo de indústria, cerca de 80 a 95% da água consumida é descarregada como efluente líquido (QUÊNIA, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - UNEP, 2000).

Os efluentes provenientes de abatedouros, são considerados uma fonte viável para a produção de biogás, pois contêm grandes quantidades de gordura, proteína, lipídios e matéria orgânica, gerados principalmente a partir de três processos distintos: a sangria, a evisceração e a preparação das carcaças. Há também a geração em outras atividades como manutenção das máquinas, lavagem dos pisos, paredes e equipamentos que acabam se misturando ao efluente industrial (GATO et al., 2019).

A FIGURA 6 mostra o diagrama de blocos do processo de abate de suínos e os respectivos resíduos gerados em cada etapa.

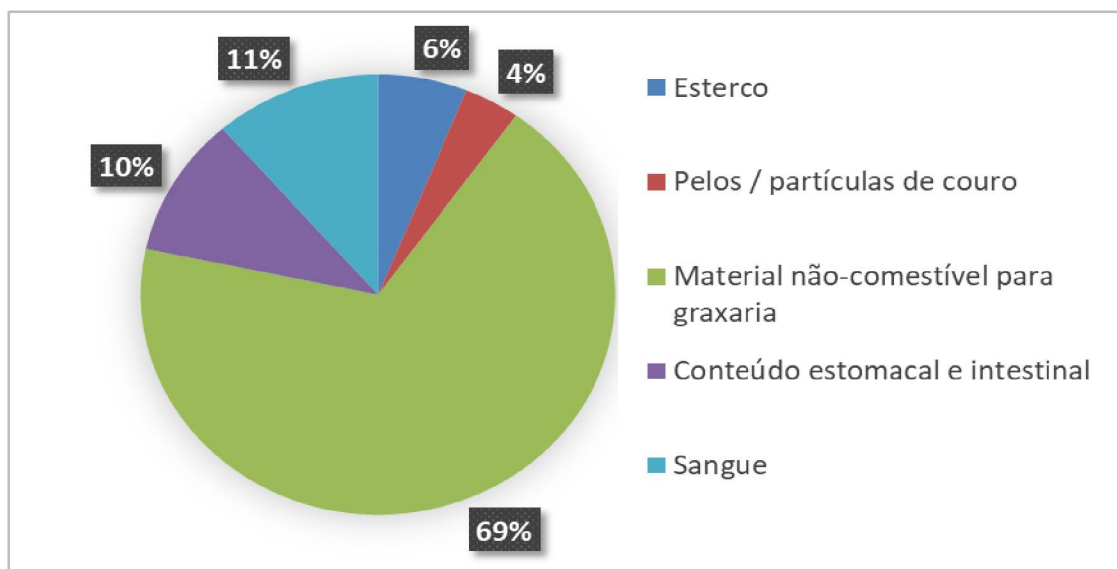
FIGURA 6 – DIAGRAMA DO PROCESSO DO ABATE DE SUÍNOS COM A IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES GERADORAS DE EFLUENTES E RESÍDUOS.



FONTE: Adaptado de Pacheco; Yamanaka (2006).

Na FIGURA 7 são apresentadas as quantidades médias dos principais resíduos gerados em abatedouros de suínos, por animal abatido, onde cerca de 70% dos resíduos gerados é composto de material não comestível, tais como ossos, gordura, cabeça, partes condenadas, etc.

FIGURA 7 - QUANTIDADES MÉDIAS (%) DOS PRINCIPAIS RESÍDUOS GERADOS EM ABATEDOUROS DE SUÍNOS POR ANIMAL ABATIDO.



FONTE: Adaptado de UNEP; DEPA; COWI (2000).

A transformação dos resíduos em biogás, ocorre por meio do processo de biodigestão anaeróbia (sem a presença de oxigênio e na presença de bactérias), onde a decomposição desses resíduos se dá de forma espontânea, formando o metano (ABUNDE NEBA et al., 2020).

Estudos realizados em abatedouros de suínos do sul do Brasil, com resíduos gordurosos obtidos durante a evisceração das carcaças, demonstraram um maior potencial técnico para fermentação desses resíduos quando encontrados em estado líquido e próximos a temperatura ambiente. É necessário, portanto, visando o aumento do rendimento da reação e consequentemente a formação do metano, uma etapa de pré-tratamento dos resíduos gordurosos, o que pode tornar o processo de geração do biogás economicamente atraente e sustentável, conforme abordado no próximo capítulo (MARQUES et al., 2016).

2.3 PROCESSO DE GERAÇÃO DO BIOGÁS

2.3.1 Biodigestão Anaeróbia

A biodigestão anaeróbia para a produção do biogás ocorre em um meio composto por matéria orgânica diluída em água, a fim de favorecer o crescimento de bactérias anaeróbias, resultando na mistura gasosa conhecida como biogás e no

material digerido (digestato), o qual pode ser aplicado como biofertilizante (BLASIUS et al., 2020).

Geralmente, são utilizados resíduos agroindustriais e domésticos com alto teor de amido, proteína, celulose e, principalmente, carboidratos, onde devem ser considerados diversos fatores capazes de influenciar a interação entre os microrganismos envolvidos no processo, como: a temperatura, o pH, a presença de inóculo, de nutrientes, a composição do substrato e o teor de sólidos totais (WAHID; HORN, 2021).

O biogás é gerado dentro de um reator anaeróbico, o qual deve ser escolhido por meio de um estudo detalhado para avaliar a melhor tecnologia, características do projeto, instalações, bem como mão de obra necessária para a operação, considerando, a viabilidade técnica e econômica do projeto (ABUNDE NEBA et al., 2020).

São exemplos desse tipo de reator os biodigestores de leito fluidizado e de leito expandido, como por exemplo os reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket - Reator Anaeróbico de Manta de Lodo) e EGSB (Expanded Granular Sludge Bed - Leito Granular Expandido), geralmente utilizados no tratamento de resíduos industriais e em estações de tratamento de esgoto (BRASIL, Federação das Indústrias do Estado do Paraná - FIEP, 2017).

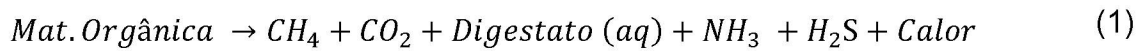
O reator de mistura completa (CSTR) é o tipo mais indicado de reator aplicado ao tratamento de efluentes com baixo teor de sólidos (2 a 10% de sólidos totais), onde a taxa de alimentação deve ser contínua, bem como a mistura de seu conteúdo, para eficiência máxima na produção do biogás (WAHID; HORN, 2021).

A alta concentração de proteína e gordura desse tipo de efluente faz com que o tempo de retenção hidráulica (TRH) seja um fator determinante para o aproveitamento de todo potencial energético dos substratos contidos no reator. Para o efluente de abatedouro de suínos recomenda-se um TRH de aproximadamente 20 dias, onde, segundo o autor, ocorreria a remoção de até 90% de DBO₅ com uma capacidade de produção de metano de 0,51 m³/kg de DBO₅ removida (WAHID; HORN, 2021).

A biodigestão anaeróbica se torna mais eficiente na redução de DBO e DQO, assim como na remoção de sólidos voláteis, na temperatura mesófila (20° a 35°), sendo considerado a temperatura ideal em torno de 35° celsius (BLASIUS et al., 2020).

Isto torna o processo de digestão anaeróbica um aliado importante para o controle da poluição, pois segundo a Resolução nº 20 de 1986, do CONAMA (BRASIL, 1986), os efluentes a serem lançados em corpos de água devem respeitar um limite máximo para DBO de 60 mg/l e um limite mínimo de oxigênio disperso de 5 mg/l (BRASIL, Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, 1986).

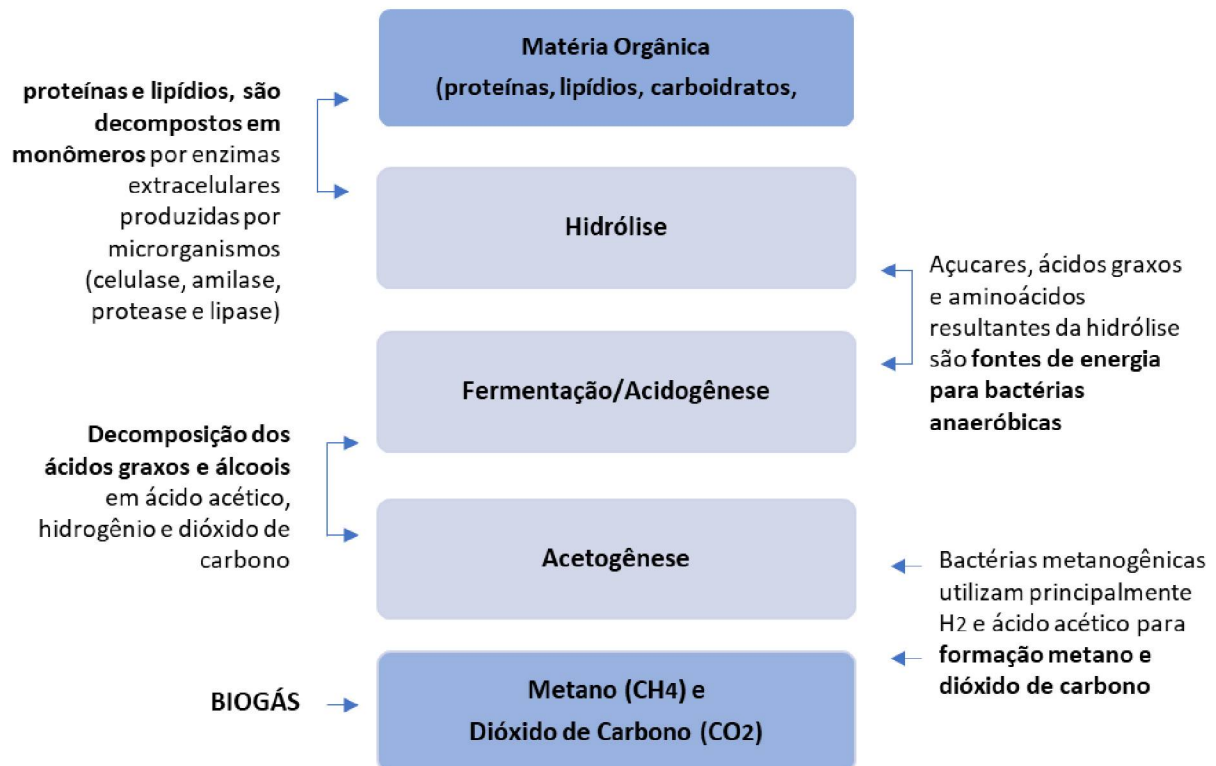
O processo de biodigestão anaeróbia, abordado em mais detalhes no próximo capítulo, pode ser representado de forma simplificada pela Equação (1):



2.3.2 Etapas do processo de biodigestão anaeróbia

O processo é composto por quatro etapas: *hidrólise*, *acidogênese*, *acetogênese* e *metanogênese*, conforme apresentado na FIGURA 8.

FIGURA 8 – PROCESSO DE BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E FORMAÇÃO DO BIOGÁS



FONTE: HAGOS et al., (2017)

Na primeira etapa, nomeada hidrólise, o material orgânico exposto ao processo de digestão é fragmentado em pequenas moléculas que, através das reações químicas produzidas, liberam enzimas por meio da decomposição das proteínas, carboidratos e lipídios, formando aminoácidos, açúcares simples e ácidos graxos. A energia promovida com a quebra das moléculas acaba servindo de energia e alimento para os microorganismos (HAGOS et al., 2017).

Na segunda etapa do processo ocorre a fermentação ou acidogênese, onde o tipo de material orgânico que será adicionado ao processo, bem como os microorganismos que estarão disponíveis no sistema, irá determinar a qualidade do processo de decomposição em ácidos graxos e outros compostos como ácido láctico e álcoois (HOLLIGER et al., 2016).

Durante a fermentação, açúcares, ácidos graxos de cadeia longa e aminoácidos resultantes da hidrólise são usados como substratos por microorganismos fermentativos para produzir ácidos orgânicos, como acético, propiônico, butírico e outros ácidos graxos de cadeia curta e álcoois. (HAGOS et al., 2017)

Após a fermentação do material orgânico, os resíduos gerados são oxidados pela acetogênese, dando origem ao ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono, por meio da decomposição dos ácidos graxos e álcoois, que resultará na formação do gás metano, última etapa da digestão anaeróbia (HAGOS et al., 2017).

O metano se forma a partir do processo de degradação anaeróbia, onde microorganismos metanogênicos convertem os compostos orgânicos como o hidrogênio, dióxido de carbono e ácido acético formados na fase de oxidação, em gás metano (HOLLIGER et al., 2016).

Há algumas variáveis que controlam o processo de digestão anaeróbia, as quais serão abordadas a seguir.

2.3.3 Fatores de influência na atividade anaeróbia

Alguns fatores influenciam diretamente na formação do metano, tais como a natureza do substrato, ou seja, a composição química dos resíduos, a temperatura, pH, o teor de sólidos totais, teor de água, ausência de oxigênio e a presença de elementos como o nitrogênio, fósforo e enxofre. Esses fatores tem importância fundamental no rendimento dos gases de fermentação, e devem ser considerados,

portanto, para aumentar a eficiência de geração do biogás (ABUNDE NEBA et al., 2020).

A composição química dos resíduos utilizados com matéria prima, determinam, não somente a eficiência de produção do biogás e a qualidade de seus subprodutos, como também efeitos nocivos à saúde humana, ao meio ambiente e nos equipamentos industriais. Alguns desses compostos identificados em pequenas quantidades por meio da espectrometria de massas são: ferro, cobre, zinco, chumbo e cádmio (GIANNOUKOS et al., 2021).

Por outro lado, alguns compostos podem aumentar a eficiência de produção cumulativa de biogás. Quando encontrado traços de cobre na matéria prima a produção de metano pode aumentar de 5 a 15%, contribuindo para o aumento do potencial energético do biogás. (WANG et al., 2021).

Outro fator de influência importante a ser considerado é a temperatura da reação, pois sua variação é capaz de provocar instabilidade no processo de digestão anaeróbia, trazendo prejuízos na formação do biogás. (COELHO et al., 2018)

A temperatura influencia na adaptação dos microrganismos ao sistema, os quais, classificam-se como:

- I. Bactérias psicrófilas: atuam abaixo de 20 °C;
- II. Bactérias mesófilas: atuam entre 20 a 45 °C;
- III. Bactérias termófilas: atuam acima de 45 °C.

A produção do biogás é potencializada com o aumento de temperatura, que varia entre 10 °C a 60 °C. Para temperaturas superiores a 65 °C, devido ao calor excedente, as enzimas perdem a função de degradar a matéria orgânica. Do mesmo modo, para temperaturas abaixo de 10 °C, o processo é prejudicado (COELHO *et al.*, 2018).

Os microrganismos são seres vivos que necessitam de um meio propício ao seu desenvolvimento; por isso, a acidez e a alcalinidade são fatores importantes no processo de digestão anaeróbia. O pH do processo deve ser mantido entre 6 e 8, podendo ser considerado ótimo de 7 a 7,2. Seu controle é função do acúmulo de bicarbonato, da fração de CO₂ da parte gasosa, da concentração em ácidos voláteis ionizados e da concentração de nitrogênio sob a forma de amônia (WAHID; HORN, 2021).

Inicialmente, as bactérias formadoras de ácidos fracionam a matéria orgânica e produzem ácidos voláteis. Disto resulta um aumento da acidez do meio e uma redução do pH. Quando as bactérias metanogênicas começam a agir, transformam os ácidos em metano, neutralizando o meio e elevando o pH.

Outro fator que tende a elevar o pH é o teor de amônia, que aumenta quando as proteínas começam a ser digeridas. O bicarbonato é um terceiro fator atuante sobre o pH do meio, agindo de modo a estabilizá-lo. A concentração do íon bicarbonato é diretamente proporcional ao teor de dióxido de carbono e ao pH do meio (HOLLIGER et al., 2016).

Assim, se as bactérias acedogênicas são muito rápidas em produzir mais alimentos do que as metanogênicas conseguem digerir, o dióxido de carbono liberado tornará maior a concentração de bicarbonato, o que impede a queda acentuada no pH. Com o correr da degradação do material orgânico em um sistema fechado, o pH tende a se elevar e a produção de metano tem o seu pico (KONRAD et al., 2014).

O tempo de retenção hidráulica (TRH) compreende o período em que o material permanece no biodigestor, ou seja, desde a entrada do efluente até a saída do afluente do digestor. Esse tempo pode variar entre 4 a 60 dias, dependendo dos substratos utilizados no abastecimento do biodigestor bem como das suas características e outros fatores de influência (KONRAD et al., 2014).

Ainda segundo Konrad, o tempo de retenção hidráulica do substrato composto de resíduos de abatedouro e processamento de proteínas é de 20 a 30 dias. Nesse período máximo, já é evidente a redução da carga orgânica, sendo que se ultrapassar este limite, a produção do biogás passa a decair.

Um estudo de avaliação da cinética do processo de formação do metano, considera que para escolha do reator é necessário, além das observações quanto aos fatores de influência na formação do metano, uma avaliação dos parâmetros econômicos do projeto, quanto ao prazo de retorno do investimento, bem como de parâmetros macroeconômicos, tais como as taxas de juros do projeto (ABUNDE NEBA et al., 2020).

2.4 O BIOGÁS

O biogás é uma mistura gasosa produzida a partir da decomposição anaeróbia da matéria orgânica de origem vegetal e/ou animal, o qual pode oferecer diversos benefícios, tais como a produção de energia renovável e fertilizantes de alta qualidade, para a redução de gases de efeito estufa no meio ambiente (WAHID; HORN, 2021).

A composição química do biogás é variável e pode ser determinada por diversos fatores. Essa variação ocorre, principalmente, devido à composição do substrato e irá determinar a aplicação do biogás.

O biogás é basicamente uma mistura de CO₂ (30 a 50%) e CH₄ (50 a 70%), com pequenas quantidades de ácido sulfídrico (H₂S) e amônia (NH₃), traços de hidrogênio (H₂), nitrogênio (N₂), monóxido de carbono (CO), carboidratos e oxigênio (O₂) (WAHID; HORN, 2021)

A TABELA 3 mostra a comparação dos valores apresentados por diferentes autores, quanto a composição do biogás produzido por biomassa de suinocultura.

TABELA 3 – COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS PRODUZIDO POR BIOMASSA DE SUINOCULTURA

Componente do biogás	Composição	La Farge (1979)	Deublein e Steinnhauser (2008)	Lins, L.P.; Mito, J.Y.L.; Fernandes, D. M. (2015)
		%	%	%
Metano	CH ₄	50 - 80	55 - 70	68
Dióxido de carbono	CO ₂	20 - 40	30 - 45	29
Gás Sulfídrico	H ₂ S	1 - 5	-	0,2
Hidrogênio	H ₂	1 - 3	-	3 - 4
Nitrogênio	N ₂	0,5 - 3	-	3 - 4
Outros	CO, NH ₃ , H	1 - 5	-	3 - 4

FONTE: Adaptado de DEUBLEIN, D. e STEINHAUSER, 2008, LA FARGE, 1979; LINS, et al. 2015.

O potencial energético do biogás, pode ser usado para gerar calor e eletricidade, por meio de usinas de cogeração de energia, e ainda como combustível substituto às fontes tradicionais de energia (KREIDENWEIS et al., 2020).

Aplicações do biogás como geração de energia elétrica e/ou térmica exigem um baixo grau de purificação, já aplicações como o aproveitamento do biometano para substituição do gás natural na rede de abastecimento ou no emprego como

combustível veicular, demandam de processos complexos de tratamento (NINDHIA; MCDONALD; STYLES, 2021).

Seja no seu uso mais nobre, como fornecimento de energia elétrica ou por meio da utilização do CO² no processo de insensibilização de suínos, conhecer as diferentes aplicações do biogás, é uma forma eficaz de identificar as oportunidades de negócio para o segmento de abate de suínos, tema abordado a seguir.

2.4.1 Aplicações do biogás no setor industrial

- Geração de energia elétrica

Cerca de 1,6 bilhão de pessoas, ou seja, um quarto da população mundial, não tem acesso à eletricidade, principalmente nas áreas rurais, o que tem motivado profissionais de diversas áreas de atuação a buscar soluções sustentáveis para suprir essa demanda (IOANNOU-TTOFA et al., 2021).

Na Polônia, cerca de 80% da geração de energia elétrica em 2015 era proveniente de caldeiras a carvão, equivalente a produção de 164,3 TWh, o que desperta a atenção para os impactos ambientais associados as fontes tradicionais de energia (ZYME, 2020).

Dentre as soluções para essa demanda, a aplicação do biogás para geração de energia elétrica e o seu autoconsumo, tem se tornado uma prática bem difundida nas indústrias brasileiras, setor considerado o maior consumidor de energia elétrica em nosso país, responsável por 36,7% de toda energia utilizada em território nacional . (BRASIL, Ministério de Minas e Energia – MME, 2017).

A alta demanda de eletricidade no setor se dá em razão do elevado consumo de máquinas e equipamentos de grande potência, como mostram as FIGURAS 9 e 10. Com isso, toda a eletricidade produzida a partir do biogás pode ser consumida na própria unidade, o que tende a trazer ganhos econômicos significativos para as empresas (BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2019).

FIGURA 9 – CONSUMO DE ENERGIA NA CASA DE MÁQUINAS



FONTE: Fricon Refrigeração e Instalações Industriais (2020)

FIGURA 10 - SISTEMA DE AMÔNIA PARA REFRIGERAÇÃO DE CÂMARA FRIGORÍFICA



FONTE: Fricon Refrigeração e Instalações Industriais (2020)

Havendo excesso de produção de energia elétrica no local, é possível ainda vender o excedente e injetar diretamente na rede de distribuição da concessionária local.

Para a geração de energia elétrica, são utilizados geradores com motores de combustão a gás, alimentados diretamente com biogás, após passar pela dessulfurização, etapa de tratamento do biogás que consiste na remoção de

compostos de enxofre e que provocam corrosão metálica. (LAUER; LEPRICH; THRÄN, 2020).

Os sistemas de geração de energia elétrica a partir do biogás, podem alcançar potências da ordem de 1,6 MW, os quais podem ser utilizados, com o auxílio de trocadores de calor (cogeração), para produção de água quente a ser utilizada no processo produtivo e outras aplicações (SOUZA, 2016).

Contudo, é necessário considerar as condições gerais da Resolução 482 da ANEEL, a qual “estabelece para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e dá outras providências.”, bem como as condicionantes da Empresa de Pesquisa Energética - EPE, por meio do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) (BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2019).

- Combustível substituto em caldeiras

Cerca de cinco anos atrás, em 2015, a participação da oferta de energia primária mundial era composta, em sua grande maioria, por combustíveis não renováveis, tais como o petróleo e o carvão, os quais correspondiam em aproximadamente em 60% da energia primária global (ZYME, 2020).

Somente na China, foram operadas até o final de 2015 cerca 565 mil caldeiras industriais, das quais cerca de 82% eram caldeiras movidas a carvão, uma questão significativa para a sustentabilidade do planeta (ZYME, 2020).

Atualmente, em 2020, cerca de 2,4 bilhões de pessoas ainda dependem da biomassa tradicional para cozinhar, tais como como lenha (IOANNOU-TTOFA et al., 2021).

No setor industrial brasileiro, caldeiras utilizam como combustível, geralmente, lenha ou cavaco, como mostram as FIGURAS 11 e 12, sendo que as perdas de energia equivalem a cerca de 25% do consumo desses equipamentos (SOUZA, 2015).

FIGURA 11 – CALDEIRA A LENHA EM UMA INDÚSTRIA DE ABATE DE SUÍNOS



FONTE: ICAVI - Indústria de Caldeiras (2020)

FIGURA 12 – PÁTIO DE ESTOCAGEM DE MADEIRA – FOTO MILTON SOUZA



FONTE: Hora; Nader e Mendes (2018)

O impacto ambiental causado por uma caldeira à lenha, tal como a redução dos recursos naturais ou a poluição do ar proveniente das emissões atmosféricas, é cerca de doze vezes maior quando comparado aos impactos relacionados a uma caldeira a biogás (SOUZA et al., 2015).

A exploração insustentável e o uso ineficiente de combustíveis de madeira tradicionais como a lenha, estão fortemente associados as emissões de gases de efeito estufa (GEE), bem como a perda de recursos florestais que atuam como depósitos naturais de carbono (WASSIE; ADARAMOLA, 2019).

Um estudo realizado na África Oriente, sobre os potenciais impactos ambientais dos combustíveis tradicionais, estimou a capacidade do biogás de reduzir o consumo de lenha no país. Ao utilizar o biogás para cozinhar em substituição a lenha, cerca de 1.500 domicílios seriam capazes de reduzir aproximadamente 2,3 milhões de toneladas de madeira, uma economia de 66% ao ano, trazendo ganhos significativos para o meio ambiente (WASSIE; ADARAMOLA, 2019).

A substituição de combustíveis tradicionais como o carvão e a lenha nas caldeiras, é considerada uma importante contramedida às emissões atmosféricas de CO₂ e outros poluentes, a fim de suprimir o efeito estufa e mitigar o aquecimento global (CHEN et al., 2021).

A queima do biogás nas caldeiras é idêntica à queima de um gás natural diluído, onde a combustão originada da mistura de biogás com gás natural demanda apenas algumas adequações na caldeira. Havendo a utilização do biogás como combustível principal, deve ocorrer a modificação dos sistemas de alimentação e queima, para que se compense o teor energético do biogás inferior, em comparação ao do gás natural (LOBATO, 2011).

O aproveitamento energético da lenha está relacionado ao seu poder calorífico, ao teor de umidade e à sua massa específica.

O poder calorífico superior (PCS) da lenha pode variar de 3.700kcal/kg até 4.500 kcal/kg. Enquanto o poder calorífico inferior (PCI) pode variar de 2.700 kcal/kg até 4.100kcal/kg. Quanto maior o teor de umidade da madeira, menor é o seu poder de combustão. Normalmente a lenha utilizada nas caldeiras apresenta umidade entre 20% e 45%, correspondendo a um poder calorífico inferior de aproximadamente 2.300 kcal/kg, massa específica de 340 kg/m³; e teor de enxofre em valor mínimo (GÜNTHER et al., 2012).

Como combustível substituto, a equivalência entre o biogás e outros combustíveis é calculada a partir do poder calorífico, definido como a quantidade de calor liberada pela combustão completa do combustível, por unidade de massa (kcal/kg) ou de volume (kcal/m³) nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP) (GIODA, 2018).

O poder calorífico do biogás, ou seja, a quantidade de calor liberada pela combustão completa do combustível, é de aproximadamente 8.600 kcal m³, podendo variar de acordo com o volume de metano existente na mistura gasosa (GIODA, 2018).

- Combustível substituto ao Gás Natural (biometano) e uso veicular

Após passar pelo processo de purificação, onde ocorre a remoção do gás carbônico, bem como a eliminação dos compostos de enxofre e a separação de outras impurezas indesejáveis, o biogás recebe o nome de biometano, um gás com alto poder calorífico que possui uma caracterização praticamente igual ao gás natural, podendo substituí-lo e complementá-lo ao ser inserido na rede canalizada (MILANEZ et al., 2018).

A aplicação do biogás como substituto ao gás natural, vem sendo utilizada em países como Suécia e Alemanha, onde é possível utilizar o biometano disponível na rede de gás natural para diversas finalidades, desde o uso direto por usuários até o abastecimento de termoelétricas (BRASIL, Federação das Indústrias do Estado do Paraná - FIEP, 2017).

Quando purificado, na forma de biometano, o biogás pode ser utilizado também como combustível para uso veicular, o qual, em termos de eficiência, supera o bioetanol, o biodiesel, a gaseificação e outras tecnologias (LEME; SEABRA, 2017).

Tratores, colheitadeiras utilizadas no transporte de cana-de-açúcar de indústrias sucroalcooleiras já utilizam essa aplicação em larga escala. Somente no estado de São Paulo, há 66 usinas sucroalcooleiras localizadas em até 20 km de gasodutos, somando um potencial teórico de produção de biometano de 3 milhões Nm³ /dia, equivalente a 20% do consumo do estado em 2016 (EPE, 2017).

Nesse caso, é necessário o uso dos motores a gasolina ciclo Otto, que em sua maioria, provém de fabricação já convertida para o uso com gás natural, tal como ocorre nos motores a gás ciclo Diesel. Com isso, é possível que durante a utilização do veículo, se altere o modo de operação a gás para o modo de operação com combustíveis líquidos. A armazenagem do biometano (aproximadamente 250 bar) se dá em tanques próprios instalados no veículo. (LEAL; MACHADO, 2011).

O aproveitamento energético do biogás como combustível veicular, bem como a injeção na rede de gás natural, demanda de processos de purificação complexos, que além da remoção do sulfeto de hidrogênio, exigem a remoção do dióxido de carbono, o que leva a um aumento considerável dos custos de operação desses sistemas (COLUNA, 2016).

- Energia térmica e outras aplicações nos processos industriais

Na indústria de abate de suínos, a energia térmica gerada nas caldeiras é fundamental para a operação e manutenção dos processos, pois atua diretamente no aquecimento da água utilizada na esterilização e higienização dos ambientes internos, ou incorporadas nos processos industriais como no cozimento, digestão ou secagem (ZHANG et al., 2014).

A produção de energia térmica a partir do biogás (biometano) ocorre por meio de um sistema de ciclo a vapor, a partir da queima direta do biogás nas caldeiras. Quando utilizado apenas para geração de calor, a eficiência do aproveitamento energético do biogás pode chegar a um patamar de 80 a 85% (BRASIL, Federação das Indústrias do Estado do Paraná - FIEP, 2017).

O biogás pode ser utilizado como combustível substituto não apenas nas caldeiras, mas também nos processos industriais, como por exemplo, no processo de chamuscagem de suínos, como substituto do Gás Liquefeito de Petróleo – GLP.

A TABELA 4 mostra a equivalência entre o GLP e outros combustíveis.

TABELA 4 - EQUIVALÊNCIA ENTRE O GLP E OUTROS COMBUSTÍVEIS.

Quantidade	Combustível	1 kg de GLP corresponde a:	Poder Calorífico (Kcal)
1 kg	GLP	-	11.500
1 m³	Gás Natural	1,22 m³	8.600
1 kg	Biogás	2,2 m³	8.450
1 kg	Carvão Vegetal	2,3 kg	6.400-6.700
1 kg	Carvão Mineral	2,3 kg	3.000-5.000
1 kg	Lenha	3,96 kg	2.700-4.100
1 KW	Energia Elétrica	13,37 kW h-1	860

FONTE: adaptado de Gioda (2018).

O processo de chamuscagem, segundo a cartilha de bem-estar animal na produção de suínos da Associação Brasileira de Criadores de Suínos – ABCS, consiste na queima dos pelos remanescentes da depilagem e reduz significativamente o nível de contaminação das carcaças, como mostra FIGURA 13. (BRASIL, Associação Brasileira dos Criadores de Suínos - ABCS, 2016).

FIGURA 13 – PROCESSO DE CHAMUSCAGEM DE SUÍNOS



FONTE: CarneTecBrasil (2020)

Sob o ponto de vista econômico, a separação e purificação do biogás é de grande importância e permite outras aplicações no abate de suínos, como por exemplo, a insensibilização gasosa, que consiste no atordoamento animal com o dióxido de carbono (CO_2) em substituição ao atordoamento elétrico, método mais comum utilizado em abatedouro de suínos no Brasil e no mundo (LAUREN, 2018).

A FIGURA 14 mostra o atordoamento elétrico em um abatedouro de suínos da Dinamarca.

FIGURA 14 – PROCESSO DA INSENSIBILIZAÇÃO ELÉTRICA DE SUÍNOS



FONTE: Instituto Tecnológico Dinamarquês - DTI (2020)

A insensibilização com dióxido de carbono (CO_2), ocorre em concentrações de 80% ou mais, fazendo com que o fluído ao redor do cérebro se torne ácido, resultando em perda de consciência de cerca de 30 segundos. Um dos benefícios é que o emprego do dióxido de carbono para o atordoamento animal pode ser adotado em grupos, por meio de equipamentos especializados, instalações, portões automatizados, evitando o estresse causado pelo manuseio dos humanos. (CARRASCAL V. et al., 2021).

O emprego do dióxido de carbono como boa prática de bem-estar animal no abate de suínos, vem sendo utilizado ao redor do mundo em grande escala, devido à redução de perdas no processo de abate e qualidade das carcaças pela diminuição das fraturas e lesões, causadas muitas vezes pela insensibilização elétrica (MARCON; CALDARA; et al. 2019).

Contudo, a utilização do biogás, seja como biometano ou como CO_2 , deve ser avaliada economicamente, considerando o tipo de tratamento mais eficaz na remoção das impurezas, tendo em vista os custos de instalação, manutenção e operação.

Conforme um estudo de viabilidade econômica de plantas de purificação de biogás, um dos tratamentos mais eficazes técnica e economicamente, caso possível o aproveitamento do calor produzido pelos motores geradores de energia, é a lavagem por amina. Já quando a energia elétrica apresenta um baixo custo para o seu emprego, a tecnologia por membrana se torna a melhor opção. Os custos de operação envolvidos em plantas de Amina e Membrana, de 1000 m^3/h podem chegar até cerca de €230 mil por ano (COELHO et al., 2018).

2.4.2 Purificação do Biogás

Conforme vem sendo abordado nesse capítulo, do biogás, somente o metano apresenta poder calorífico capaz de ser aproveitado. Os demais gases desta mistura são considerados contaminantes ou impuros. (SANTOS; CABRERA; COMAS; MARTÍN; 2020).

De acordo com Giannoukos et al. (2021) deve ser observado o efeito corrosivo que o biogás possui, pela presença de traços de sulfeto de hidrogênio, provenientes de poluentes do ar como o dióxido de enxofre (SO_2), trióxido de enxofre (SO_3), ácido sulfídrico (H_2S), amônia (NH_3), sulfatos e outras impurezas. Estes componentes devem ser retirados do biogás, visando o prolongamento da vida útil dos

equipamentos envolvidos no aproveitamento energético do biogás (GIANNOUKOS et al., 2021)

A Resolução Nº491 do CONAMA (2018) estabelece limites para o lançamento do dióxido de enxofre (SO₂), considerando padrão primário – 125 mg/m³, padrão secundário – 50 mg/m³ e padrão terciário – 30 mg/m³, no prazo de 24 horas (BRASIL, Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, 2018).

Dentre os tratamentos mais comuns para a remoção do ácido sulfídrico do biogás, estão sistemas compostos de óxido de ferro, hidróxido de sódio, potássio ou cálcio (GIWA et al., 2020).

Nesse sentido, o tratamento por hidróxido de cálcio (cal hidratada), destaca-se principalmente no que diz respeito ao custo e facilidade de operação. Sua reação com o H₂S resulta em sulfeto de cálcio e água, conforme a Equação (2) (MACHADO et al., 2015).



Quanto mais puro for o biogás, maior o teor de metano presente na mistura e maior o valor de seu poder calorífico inferior (PCI), conforme apresentado a seguir na TABELA 5.

TABELA 5 VARIAÇÃO DO PODER CALORÍFICO EM RELAÇÃO À COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS

Composição Química do Biogás (CH ₄ ; CO ₂)	Peso Específico (Kg/Nm ³)	Poder Calorífico Inferior (kcal/Nm ³)
10%; 90%	1,84	865,06
40%; 60%	1,46	3424,29
60%; 40%	1,21	5136,46
65%; 35%	1,15	5564,50
75%; 25%	1,02	6420,59
95%; 5%	0,77	8132,78
99%; 1%	0,72	8475,23

FONTE: Adaptado de Avellar (2001).

Em caldeiras de cogeração, os danos causados nos equipamentos que formam o sistema podem ser evitados a partir do controle da umidade presente no biogás, realizado por meio de purgadores e linhas de condensado, evitando assim que a corrosão gerada pela umidade do gás comprometa o sistema. Portanto, é de extrema importância que haja a purificação do biogás antes do seu uso, evitando assim, indesejáveis custos de manutenção (COLUNA, 2016).

Considerando o processo de geração de biogás, bem como os fatores de influência, a composição química do biogás e as suas possíveis aplicações, é possível estimar o potencial energético do biogás produzido nas indústrias de abate de suíno, como uma estratégia importante para minimizar os impactos ambientais provenientes de seus processos, bem como uma oportunidade de alavancar os resultados financeiros do setor.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido por meio de um levantamento de informações em artigos, livros e revistas científicas, junto às instituições públicas e privadas do setor, no âmbito nacional e internacional: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA; Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA; Empresa de Pesquisa Energética – EPE; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – UNEP; Federação das Indústrias do Paraná – FIEP; Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA); Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO e outras, no que diz respeito à:

- i. Obtenção de biogás a partir de efluentes de abatedouros de suínos;
- ii. Levantamento das possíveis aplicações do biogás nas indústrias de abate de suínos;
- iii. Análise histórica dos últimos 10 anos (período de 2010 a 2020), panorama atual e perspectivas futuras (período de 2020 a 2030) para o setor de produção de carne suína no Brasil e no Paraná;
- iv. Compilação de dados, fórmulas, equações e fatores de conversão para os cálculos do potencial de geração de biogás e da economia gerada por meio das aplicações do biogás apresentadas neste trabalho.

Foram considerados os dados de abatedouros oriundos da base de cadastro de estabelecimentos inspecionados pelo DIPOA - Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal e pelas Delegacias Regionais, do Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária – MAARA, atualizado continuamente pelo Sistema de Inspeção Federal (SIF), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sejam eles sob fiscalização sanitária federal, estadual ou municipal (BRASIL, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA, 2020)

Em média, nos últimos 10 anos (2010 a 2020) foram cadastrados por ano, 746 estabelecimentos de abatedouros de suínos em todo o Brasil, dos quais cerca de 70% estão localizados na região sul do país, nos estados do Paraná – 87 unidades cadastradas em média por ano – Santa Catarina – 98 unidades – e Rio Grande do Sul – 144 unidades cadastradas. (BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2020).

3.1 ESTIMATIVAS DE CRESCIMENTO DO SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL

As projeções de crescimento do setor de abate de suínos para o Brasil foram construídas para um horizonte de 10 anos (de 2020 a 2030), em relação taxa média estimada de crescimento ao ano (Tmc), obtida a partir da média simples do somatório das taxas reais crescimento (tc) no período (2010 – 2020) dividido pelo período em anos, conforme mostra a Equação (3).

$$Tmc = \left(\frac{\sum tc}{\text{Período em anos}} \right) \cdot 100, \quad (3)$$

onde Tmc é taxa média estimada de crescimento ao ano (%) e tc é a taxa anual real de crescimento.

A taxa real de crescimento (tc) foi calculada ano a ano, conforme mostra a Equação (4), a partir de dados obtidos do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (IBGE, 2020) dos últimos 10 anos (período de 2010 a 2020) para o Brasil.

$$tc = \left(\frac{(\text{Produção real ano corrente} - \text{Produção real ano anterior})}{\text{Produção real ano anterior}} \right) \cdot 100, \quad (4)$$

onde a produção é medida em toneladas (t) ao ano.

A partir da taxa média estimada de crescimento ao ano (Tmc), foi possível estimar a produção de carne suína (P), ano a ano, e o número de suínos abatidos (nSA) para o período de 2020 a 2030, conforme mostra Equação (5) e (6).

$$\text{Produção}(t) = \text{Produção}(t) \text{ ano atual} + Tmc \quad (5)$$

$$nSA = nSA(\text{ano anterior}) + Tmc \quad (6)$$

onde Tmc é taxa média estimada de crescimento ao ano (%) e nSA é o número de suínos abatidos.

3.2 POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO BRASIL – HORIZONTE DE ANÁLISE DE 2020 A 2030

Partindo do potencial de produção de carne suína, foi calculado o potencial de produção de efluentes (m^3/ano) e, por consequência, de biogás (Nm^3/ano) no Brasil, por meio de fatores de conversão adaptados do caderno “Oportunidades da cadeia produtiva de Biogás para o estado do Paraná”, realizado pelo FIEP e SENAI/PR com apoio do CIBiogásER e Probiogás, o qual considera o uso de reatores anaeróbicos de mistura completa em suas considerações (BRASIL, Federação das Indústrias do Estado do Paraná, 2016).

O potencial de geração anual de efluentes (PPE), a partir do processamento de carne suína em abatedouros, foi estimado por meio da aplicação de um fator de conversão de carne processada em efluente (fe), conforme mostra a Equação (7).

$$PPE = P \cdot fe \quad (7)$$

onde:

PPE = potencial de produção anual de efluentes (m^3/ano)

P = Produção anual estimada de carne suína em tonelada por ano

fe = fator de conversão de carne suína processada em efluente, equivalente a $13 \text{ m}^3/\text{t}$ de carne suína (ROSENWINKEL; AUSTERMANN-HAUN; MEYER, 2005 apud FIEP, 2017)

A partir do potencial de geração anual de efluentes (PPE), obtém-se o potencial de produção de biogás (PPB) através do emprego de um fator de conversão fb , como mostra a Equação (8).

$$PPB = PPE \cdot fb, \quad (8)$$

onde:

PPB = Potencial de Produção de Biogás (Nm^3/ano);

PPE = Potencial de Produção de Efluentes (m^3/ano);

fb = fator de conversão de resíduos em biogás 8,65 (ROSENWINKEL; AUSTERMANN-HAUN; MEYER, 1999 apud FIEP, 2017).

As relações apresentadas são utilizadas pelo Instituto de Engenharia Sanitária e Gerenciamento de Resíduos da Universidade de Hannover – ISAH, Alemanha (AUSTERMANN-HAUN, MEYER, SEYFRIED, 2005 apud FIEP, 2017).

3.3 POTENCIAL DE USO ECONÔMICO DO BIOGÁS PARA O SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL

O potencial de uso econômico do biogás para o setor de abate de suínos no Brasil, foi calculado por meio do método “cost avoidance” (“custo evitado”, tradução do autor), metodologia utilizada na construção de indicadores de desempenho econômico (ANDRÉS et al., 2018).

O “custo evitado” tem como objetivo identificar a “oportunidade de economia” resultante de ações de melhoria, inovações tecnológicas e “retrofit” (processo de modernização de algum equipamento ou processo), como oportunidade estratégica de aumentar os lucros de uma organização (JESUS; GARCIA, 2016).

O método do “custo evitado” é considerado pela National Association of State Procurement Officials (Associação Nacional de Funcionários Públicos de Compras do Estado, NASPO), uma importante estratégia para tomada de decisão em compras públicas nos Estados Unidos, a fim de mensurar os custos incorridos, caso a ação ou decisão não seja tomada (EUA, National Association Of State Procurement Officials, NASPO, 2007). A fórmula geral do custo evitado é dada pela Equação (9)

$$Cev = CP - CA \quad (9)$$

onde,

Cev = custo evitado, em US\$

CP = custo projetado, em US\$

CA = custo atual, em US\$

Assim, de acordo com a abordagem de avaliação deste trabalho, o termo “custo evitado”, foi usado para avaliar o uso econômico da aplicação do biogás como fonte de energia alternativa para o setor de abate de suínos, sendo o Custo Projetado (CP), referente ao custo com geração do biogás equivalente e o Custo Atual (CA), referente ao custo real no ano corrente com a energia avaliada, em quatro casos específicos, são eles:

- Custo evitado com energia elétrica, onde $CA = C_{ee}$;
- Custo evitado com a insensibilização elétrica, onde $CA = C_{ee}$;
- Custo evitado com GLP, onde $CA = C_{GLP}$;
- Custo evitado com lenha nas caldeiras, onde $CA = C_{lenha}$.

O custo evitado com a aplicação do biogás como alternativa energética nos processos industriais, pode ser utilizado para medir o desempenho da empresa em termos financeiros, a fim de auxiliar no planejamento estratégico (ANDRÉS et al., 2018).

No entanto, o termo não leva em consideração os fatores que determinam o uso da energia (por exemplo, mudanças nas atividades/tecnologias, efeitos de variáveis independentes, como produção ou clima, etc.), ou riscos de preço associados a fatores externos, como mudanças na legislação atual, impostos e tarifas.

Embora a perspectiva econômica do custo evitado seja o objetivo direto das análises apresentadas, servindo para a replicação da metodologia e facilitando a análise para futuros investimentos neste campo, foram consideradas com grande relevância as perspectivas ambientais associadas as aplicações do biogás como fonte de energia alternativa para essas empresas.

3.3.1 Custo com a geração do biogás

Para a estimativa do custo geração do biogás equivalente (C_{beq}), foram considerados o custo de capital, ou seja, o investimento inicial com o biodigestor, sistema de armazenamento, bombas, motores e demais componentes do sistema de produção de calor e eletricidade, bem como os custos com operação e manutenção dos mesmos, conforme mostra TABELA 6 (WEGENER, 2021).

TABELA 6 - CUSTOS CONSIDERADOS COM A PRODUÇÃO DO BIOGÁS

Componente	Descrição	USD	Unidade
Biodigestor anaeróbico e sistema de armazenamento de biogás	Custos de capital (digestor, limpeza, bombas etc.)	\$200	US\$/m ³
Motor e Sistema de Produção Combinada de Calor e Eletricidade	Custos de capital Custos de Operação e Manutenção (incluindo Biodigestor Anaeróbico e sistema de armazenamento de biogás a 3.000 horas de trabalho por ano)	\$200 \$0.20	US\$/kW US\$/m ³

FONTE: Adaptado de WEGENER (2021).

A geração de energia a partir de usinas de biogás foi avaliada técnica e economicamente por Hamzehkolaei e Amjady, como alternativa para substituir combustíveis fósseis usados para geração de calor e eletricidade na Alemanha no período de 2016 a 2035. Os resultados dos estudos revelaram que as tecnologias que utilizam o biogás como combustível alternativo são superiores à convencional, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental (HAMZEHKOLAEI; AMJADY, 2018).

A economia anual do estudo supracitado foi de €73 mil, equivalente a 61%. O prazo de retorno do investimento apresentado foi de 28 meses e a redução anual de emissões de CO₂ foi de cerca de 530 toneladas por ano (HAMZEHKOLAEI; AMJADY, 2018).

É importante destacar que a lucratividade da aplicação do biogás pode variar de acordo com os preços do combustível e da energia.

3.3.2 Custo evitado com energia elétrica

O custo com energia elétrica é considerado a segunda maior despesa das empresas do setor industrial, ficando atrás apenas da folha de pagamentos. (BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2019).

O custo evitado por meio da aplicação do biogás para geração de energia elétrica, $C_{ev}(e)$, foi obtido pela diferença entre o custo real da demanda de energia elétrica (C_{ee}) e o custo projetado com a produção do biogás equivalente (C_{beq}), como mostra a Equação (10) (EUA, National Association Of State Procurement Officials, NASPO, 2007).

$$C_{ev}(e) = C_{ee} - C_{beq} \quad (10)$$

$$C_{ee} = dEE \cdot tfe \quad (10.1)$$

$$C_{beq} = V_{beq} \cdot cB \quad (10.2)$$

onde

$C_{ev}(e)$ = custo evitado com energia elétrica (US\$/ano)

C_{ee} = custo real de energia elétrica (US\$/ano)

C_{beq} = custo projetado com geração do biogás equivalente (US\$/ano)

dEE = demanda de energia elétrica (kWh/ano),

tfe = tarifa de energia elétrica média nacional para indústria em valor dolarizado: 0,164 US\$/kWh (ANEEL, 2019)

V_{beq} = volume de biogás equivalente (m^3)

cB = Custo na geração de biogás em dólar americano: 0,20US\$/kg (WEGENER (2021))

A demanda de energia elétrica (dEE), que representa a quantidade de energia elétrica necessária em um abatedouro de suínos, foi obtida pela multiplicação do consumo médio de energia elétrica por suíno abatido (cmE), pelo número de suínos abatidos ao ano (nSa) como mostra a Equação (11).

$$dEE = nSA \times cmE \quad (11)$$

onde:

dEE = demanda de energia elétrica (kWh/ano),

nSA = número de suínos abatidos ao ano (Equação 5)

cmE = consumo médio de energia elétrica por suíno abatido, 36 kWh/cabeça (UNEP; DEPA; COWI, 2000)

O valor do consumo médio de energia elétrica por suíno abatido (cmE) pode variar de 0,33 a 1,39 kWh por quilograma de suíno, equivalente entre 29 a 125 kWh por suíno abatido e representa cerca de 20% da energia total necessária em um abatedouro, onde o consumo maior se dá na operação de refrigeração (UNEP; DEPA; COWI, 2000).

Os dados do consumo médio de energia elétrica por suíno abatido (cmE) foram comparados em entrevistas com as maiores empresas de abate de suínos do Paraná, aproximadamente 36 kWh por suíno abatido.

A partir da demanda de energia elétrica (dEE), foi possível estimar a quantidade de energia necessária (En) a ser gerada a partir do biogás, considerando que 1kWh é equivalente a 860,421 kcal, como mostra a Equação (12) (LAW, 2010).

$$En = dEE / 860,421 \quad (12)$$

onde:

dEE = demanda de energia elétrica (kWh/ano)

En = energia necessária (kcal/ano)

$1kWh = 860,421 \text{ kcal}$ (LAW, 2010)

A quantidade de energia necessária (En) a ser gerada a partir do biogás foi utilizada para estimar o volume equivalente de biogás (V_{beq} , Nm^3), por meio das Equações (13), (13.1) e (13.2), considerando a composição do biogás de 68% metano (LINS, L.P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M, 2015).

$$V_{beq} = v_{CH4}/0,68 \quad (13)$$

$$v_{CH4} = m_{CH4}/\rho_{CH4} \quad (13.1)$$

$$m_{CH4} = En / PCI \text{ do } CH4 \quad (13.2)$$

onde

m_{CH4} = massa de metano (kg);

v_{CH4} = volume de metano (Nm^3);

$PCI \text{ do } CH4$ = Poder Calorífico Inferior (PCI) do Metano: 15,4 kWh/kg ou 11.940,0 kcal/kg (LAW, 2010);

ρ_{CH4} = Densidade do Metano (CH_4): 0,717 kg/ m^3 (LAW, 2010);

O custo evitado é proporcional a demanda de energia elétrica nas indústrias, a qual pode ser verificada por meio da ferramenta de simulação Modelo Integrado de Planejamento Energético - MIPE, desenvolvido pelo Programa de Planejamento Energético da COPPE em 1997. O processo geral de estimativa da demanda de energia nos segmentos do setor industrial no MIPE é apresentada nas projeções do Plano Nacional de Energia 2030, desenvolvida pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para o Ministério de Minas Energia (MME), a qual foca especificamente a energia elétrica, para o período compreendido entre 2007 e 2030 (BRASIL, Ministério de Minas Energia, 2007).

A tarifa de energia elétrica e o custo com a geração de biogás passaram por uma atualização monetária de 6,56% ao ano (2020 a 2030), correspondente a média dos últimos 10 anos (2010 a 2020) do índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M) (FGV, 2020).

3.3.3 Custo evitado no processo de insensibilização elétrica

Considerado uma oportunidade para a redução de custos com energia elétrica, a insensibilização gasosa (CO₂) como método alternativo ao atordoamento elétrico, é uma boa prática de bem-estar animal no abate de suínos, evitando que os animais passem por sofrimentos desnecessários (MARCON; CALDARA; et al. 2019)

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), todos os animais sob Inspeção Federal (SIF) têm de ser insensibilizados antes da sangria (IN nº3 – Mapa, 17/01/2000), sendo a insensibilização elétrica o método mais comum nos abatedouros de suíno no Brasil (BRASIL, Ministério da Agricultura – MAPA, 2000).

Foi considerado também o incremento econômico para o setor por meio da aplicação do dióxido de carbono (CO₂) para insensibilização gasosa, considerando a composição média do biogás de 68% de metano e 32% de gás carbônico, como método alternativo, pelo cálculo do consumo de energia elétrica (kWh) do processo de insensibilização elétrica, conforme Equação (14) (WEGENER et al., 2021)

$$E = (P \times t) / 1.000 \quad (14)$$

Onde:

E = consumo de energia elétrica (kWh)

P = Potência elétrica (W)

t = número de horas de uso do equipamento (h)

No processo de insensibilização elétrica, a Cartilha de Bem Estar Animal na Produção de Suínos – Frigorífico, recomenda o uso de equipamentos com uma voltagem de 300 Volts, com uma amperagem mínima de 1,25 Ampères e frequência acima de 100Hz (SEBRAE, 2016).

O custo evitado com a insensibilização elétrica, $C_{ev(i)}$, foi calculado pelo consumo de energia resultante do processo de insensibilização elétrica (kWh/suíno) e o custo projetado com geração do biogás equivalente (C_{beq}), considerando os dados apresentados na TABELA 7.

TABELA 7 - DADOS ADOTADOS PARA CALCULOS DO CUSTO COM DIÓXIDO DE CARBONO

Consumo de dióxido de carbono	605	Nm³/suíno
Densidade dióxido de carbono	1,98	Kg/m³
Preço médio cilindro de dióxido de carbono (25kg)	US\$245.00	US\$

FONTE: adaptado de ANEEL (2019); IBGE (2020)

3.3.4 Custo evitado com GLP no processo de chamuscagem

O custo evitado por meio da aplicação do biogás como combustível substituto do GLP no processo de chamuscagem, $Cev(GLP)$, foi obtido pela diferença entre o custo com GLP ($CGLP$) e o custo para geração do biogás equivalente ($Cbeq$), como mostra as Equações (15), (15.1) e (15.2) (EUA, National Association Of State Procurement Officials, NASPO, 2007).

$$Cev(GLP) = CGLP - Cbeq \quad (15)$$

$$CGLP = m_{GLP} \cdot p_{GLP} \quad (15.1)$$

$$Cbeq = V_{beq} \cdot cB \quad (15.2)$$

onde

$Cev(GLP)$ = custo evitado com GLP (US\$/ano),

$CGLP$ = custo real de GLP no processo de chamuscagem (US\$/ano)

$Cbeq$ = custo projetado com geração do biogás equivalente (US\$/ano)

p_{GLP} = preço do GLP em dólar americano, média em 2020: 0.82 (US\$/kg) (BRASIL, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, 2020)

V_{beq} = volume de biogás equivalente (m³)

cB = Custo na geração de biogás em dólar americano: 0,20US\$/kg (WEGENER, 2021)

O preço do GLP (p_{GLP}) e o custo com a geração de biogás (c_B) passaram por uma atualização monetária de 6,56% ao ano (2020 a 2030), correspondente a média dos últimos 10 anos (2010 a 2020) do índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M) (FGV, 2020).

A partir do consumo médio de GLP por suíno abatido (cm_{GLP}), obtido em consulta a documentos públicos e entrevistas com as maiores empresas de abate de suínos do Brasil e do Paraná, conforme Anexo 1, bem como por meio dos dados apresentados no estudo de “Estudo da viabilidade econômica no uso do biogás no processo de chamuscagem de suínos”, calculou-se a massa de GLP (kg/ano), conforme Equação (16)

$$m_{GLP} = n_{SA} \times cm_{GLP} \quad (16)$$

onde:

m_{GLP} = consumo de Gás Liquefeito de Petróleo (kg/ano),

n_{Sa} = número de suínos abatidos (cabeças/ano)

cm_{GLP} = consumo médio GLP por suíno: 0,24 kg (ZANOTTO, 2017)

A partir da massa de GLP (m_{GLP}) foi possível estimar a quantidade de energia necessária (En) a ser gerada a partir do biogás, como mostra a Equação (17) (LAW, 2010).

$$En = m_{GLP} \cdot PCI \text{ do GLP} \quad (17)$$

onde

En = energia necessária (kcal/ano),

m_{GLP} = consumo de Gás Liquefeito de Petróleo (kg/ano)

Poder Calorífico Inferior (PCI) do GLP = 11.100 kcal/kg (GIODA, 2018)

A quantidade de energia necessária (En) a ser gerada a partir do biogás foi utilizada para estimar o volume equivalente de biogás (V_{beq} , Nm³/ano), por meio das Equações (18), (18.1) e (18.2), considerando a composição do biogás de 68% metano (LINS, L.P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M, 2015).

$$V_{beq} = v_{CH4}/0,68 \quad (18)$$

$$v_{CH4} = m_{CH4}/\rho_{CH4} \quad (18.1)$$

$$mCH4 = En / PCI \text{ do } CH4 \quad (18.2)$$

onde

$mCH4$ = massa de metano (kg);

$vCH4$ = volume de metano (Nm³);

Poder Calorífico Inferior (PCI) do Metano = 11.940,0 kcal/kg (LAW, 2010);

Poder Calorífico Inferior (PCI) do GLP = 11.100 kcal/kg (GIODA, 2018);

$\rho CH4$ = Densidade do Metano (CH₄): 0,717 kg/m³ (LAW, 2010);

$$VGLP = mGLP / \rho GLP \quad (19)$$

Onde:

$VGLP$ = Volume de Gás Liquefeito de Petróleo (Nm³/ano)

$mGLP$ = consumo de Gás Liquefeito de Petróleo (kg/ano)

ρGLP = densidade do Gás Liquefeito de Petróleo 2,50 kg/m³ (SINDGAS, 2016).

Considerando que ambos não são considerados como gás de efeito estufa e sim uma energia limpa, a análise apresentada neste trabalho foi apenas quanto ao comparativo econômico entre o GLP e o Biogás, (BRASIL, Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo - SINDGAS, 2016)

3.3.5 Custo evitado com lenha nas caldeiras

O custo evitado por meio da aplicação do biogás como combustível substituto da lenha em caldeiras, $Cev(lenha)$, foi obtido pela diferença entre o custo real com lenha ($Clenha$) e o custo para geração do biogás equivalente ($Cbeq$), como mostra as Equações (20), (21.1) e (22.2) (EUA, National Association Of State Procurement Officials, NASPO, 2007).

$$Cev(lenha) = Clenha - Cbeq \quad (20)$$

$$Clenha = Vlenha . pL \quad (21.1)$$

$$Cbeq = Vbeq . cB \quad (22.2)$$

onde

pL = preço médio da lenha no Brasil: U\$9,29/m³ (USA, 2019);

V_{beq} = volume de biogás equivalente (m³)

cB = Custo na geração de biogás em dólar americano: 0,20US\$/kg (WEGENER (2021))

O preço da lenha (pL) e o custo com a geração de biogás (cB) passaram por uma atualização monetária de 6,56% ao ano (2020 a 2030), correspondente a média dos últimos 10 anos (2010 a 2020) do índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M) (FGV, 2020).

O volume de lenha (V_{lenha}) foi calculada por meio da consumo médio de lenha por suíno abatido (cmL), como mostra a Equação (23).

$$V_{lenha} = nSA \times cmL \quad (23)$$

onde

cmL = consumo médio de lenha por suíno: 0,05 (Nm³/cabeças) (SOUZA, 2015)

nSA = número de suínos abatidos (cabeças/ano)

A partir do volume de lenha (V_{lenha}), foi possível estimar a quantidade de energia necessária (En) a ser gerada a partir do biogás, como mostra a Equações (24) e (24.1) (LAW, 2010).

$$En = m_{lenha} \cdot PCI \text{ da lenha} \quad (24)$$

$$m_{lenha} = V_{lenha} \cdot \rho_{lenha} \quad (24.1)$$

onde

ρ_{lenha} = densidade da lenha: 0,49 g/cm³ ou 640 kg/m³ (OLIVEIRA; HELLMEISTER; TOMAZELLO FILHO, 2005).

Poder Calorífico Inferior (PCI) da Lenha = 3.200 kcal/kg (RADIN; MAIA, 2014).

A quantidade de energia necessária (En) a ser gerada a partir do biogás foi utilizada para estimar o volume equivalente de biogás (V_{beq} , Nm³), por meio das

Equações (25), (25.1) e (25.2), considerando a composição do biogás de 68% metano (LINS, L.P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M, 2015).

$$V_{ebq} = v_{CH4}/0,68 \quad (25)$$

$$v_{CH4} = m_{CH4}/\rho_{CH4} \quad (25.1)$$

$$m_{CH4} = E_n / PCI \text{ do } CH4 \quad (25.2)$$

onde

m_{CH4} = massa de metano (kg);

v_{CH4} = volume de metano (Nm³);

Poder Calorífico Inferior (PCI) do Metano = 11.940,0 kcal/kg (LAW, 2010);

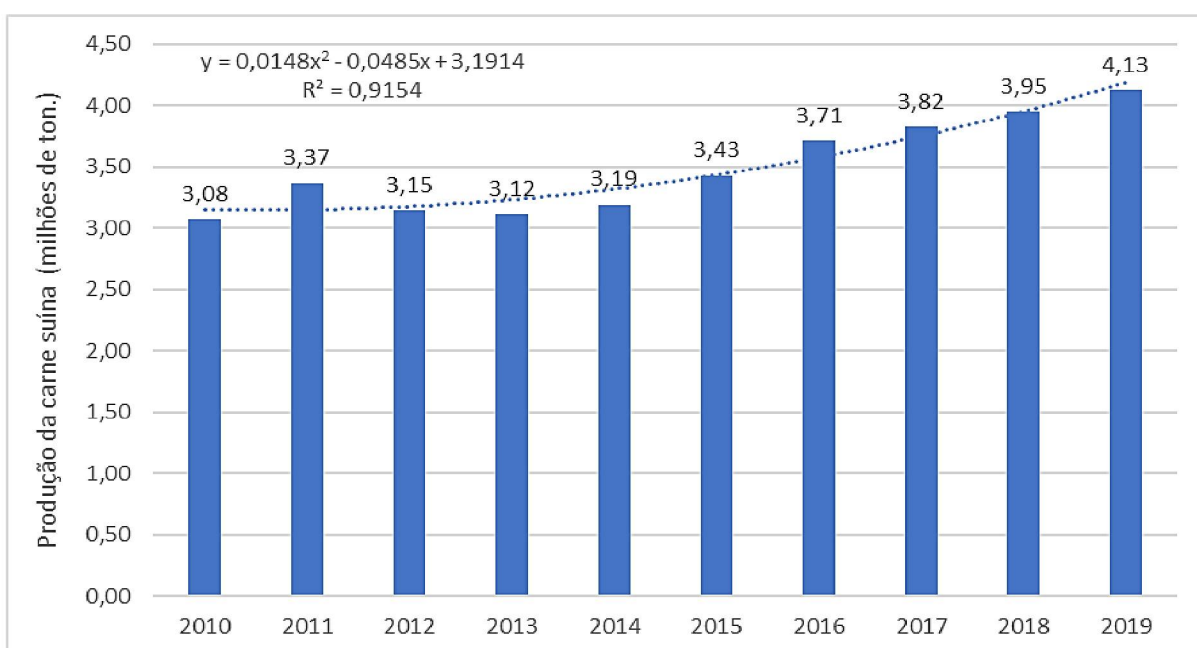
ρ_{CH4} = Densidade do Metano (CH₄): 0,717 kg/m³ (LAW, 2010);

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TAXA REAL DE CRESCIMENTO DO SETOR DE CARNE SUÍNA NO BRASIL – ANÁLISE HISTÓRICA 2010 A 2019

Conforme análise da série histórica dos últimos 10 anos (2010 a 2019), do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, apresentada nas FIGURA 15, a taxa média de crescimento anual para o setor de produção de carne suína no Brasil foi de 3,58%. Memorial de cálculo apresentado nos APÊNDICES A e B.

FIGURA 15 – PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA: TAXA DE CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL PARA O BRASIL - SÉRIE HISTÓRICA 2010 A 2019



FONTE: Adaptado de IBGE; SIDRA (2020).

A análise da correlação dos dados apresentados na série histórica (2010 a 2019), realizada por meio da equação de regressão polinomial, e do coeficiente de correlação ($r = 0,9154$), indicou uma forte relação entre as duas variáveis observadas: produção de carne suína (p, em mil ton.) e tempo (t, em anos).

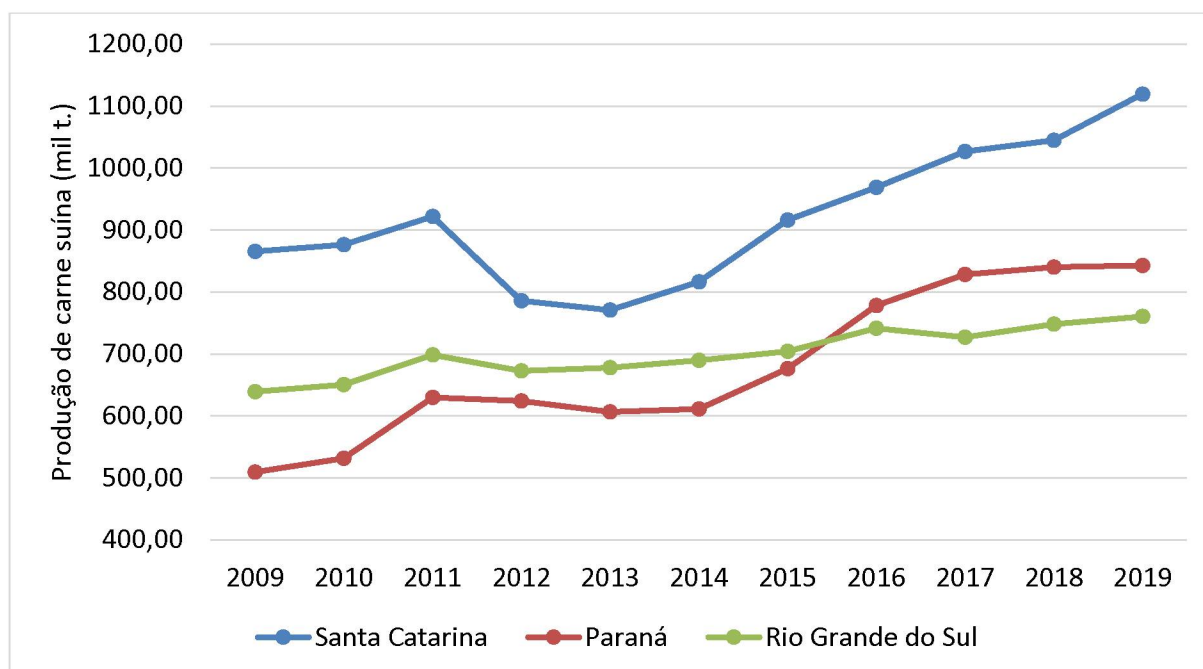
Entre os anos de 2010 e 2014 nota-se as “sobras”, também chamados “ruídos”, na curva de regressão polinomial. As “sobras” no gráfico, não podem ser explicados matematicamente, ou seja, representam eventos que ocorrem esporadicamente e não apresentam o padrão de sazonalidade e de tendência dos dados.

As considerações citadas Pochmann (2015), a respeito do crescimento da economia brasileira advindo principalmente das novas medidas políticas econômicas adotadas no período de 2013 a 2017, podem ser observadas no gráfico a partir do ano de 2014, quando ocorre um padrão de crescimento bem definido entre os dados apresentados

De 2014 em diante é possível observar uma sazonalidade regular, ou seja, os dados apresentam topos e fundos ascendentes ao longo do tempo, representando uma tendência de alta, o que indica o crescimento contínuo do setor de carne suína no Brasil.

Conforme análise da série histórica dos últimos 10 anos (2010 a 2019), a taxa média de crescimento anual da produção de carne suína nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, foi de 5,38%, 2,81% e 1,80%, como mostra a FIGURA 16. Memorial de cálculo apresentado nos APÊNDICES A e B.

FIGURA 16 - PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NOS ESTADOS DO PR, SC, E RS - SÉRIE HISTÓRICA 2010 A 2019



FONTE: Adaptado de ABPA (2020).

Conforme mostra a FIGURA 16, quando analisado o período dos últimos dez anos (2010 a 2019), é possível observar que o estado do Paraná e Santa Catarina, vem apresentando um forte crescimento a partir do ano de 2013. A partir do ano de 2016 o estado do Paraná superou o estado do Rio Grande do Sul, passando a ser o segundo maior produtor de carne suína no país.

Quanto ao estado de Santa Catarina, onde encontra-se a maior empresa de produção de carne suína do Brasil, a BRF (Sadia e Perdigão), nota-se uma forte queda de produção (-16,7%) entre os anos de 2011 e 2013. De acordo com a Embrapa (2018), essa queda deu-se devido ao alto dos custos de produção e queda das exportações brasileiras no período, ocasionada principalmente a consolidação da fusão entre as duas líderes de mercado, China e Rússia.

No ano de 2020 houve um crescimento na participação dos estados de Santa Catarina (7%) e Paraná (3%), e uma queda no comparativo anual, 2019/2020, no estado do Rio Grande do Sul (-8%). Nesse período (2019 a 2020), os demais estados brasileiros permaneceram com os mesmos índices de participação na produção de carne suína entre os anos, conforme mostra TABELA 8.

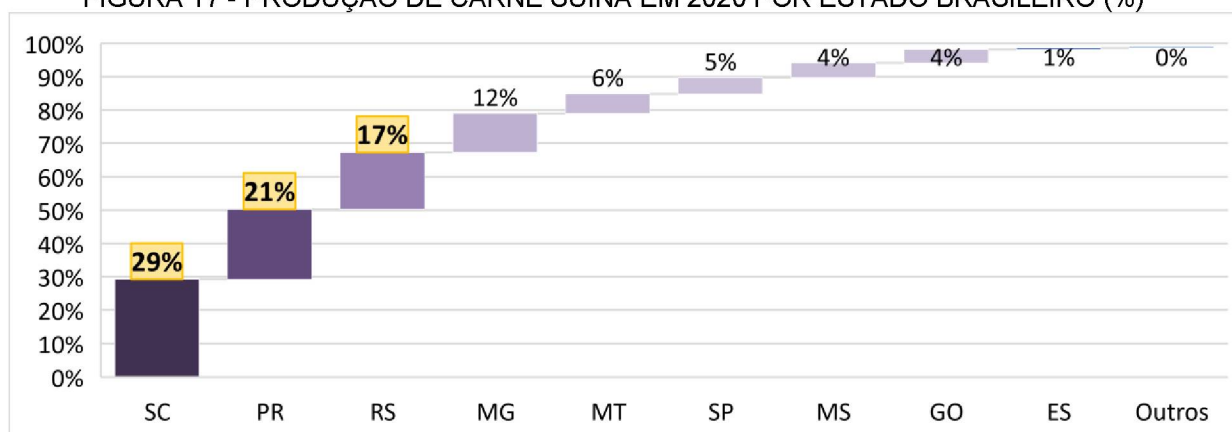
TABELA 8 – PARTICIPAÇÃO DOS ESTADOS BRASILEIROS NA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA

Estado	2019	2020	Δ (2019 / 2020)
Santa Catarina	27%	29%	7%
Paraná	20%	21%	3%
Rio Grande do Sul	18%	17%	-8%
Minas Gerais	12%	12%	0%
Mato Grosso	6%	6%	0%
São Paulo	5%	5%	0%
Mato Grosso do Sul	4%	4%	0%
Goiás	4%	4%	0%
Espírito Santo	1%	1%	0%
Outros	1%	1%	0%

FONTE: Adaptado de ABPA (2020)

Os estados da região sul do Brasil foram responsáveis por cerca de 67% da produção de carne suína em 2020, conforme mostra a FIGURA 17.

FIGURA 17 - PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA EM 2020 POR ESTADO BRASILEIRO (%)



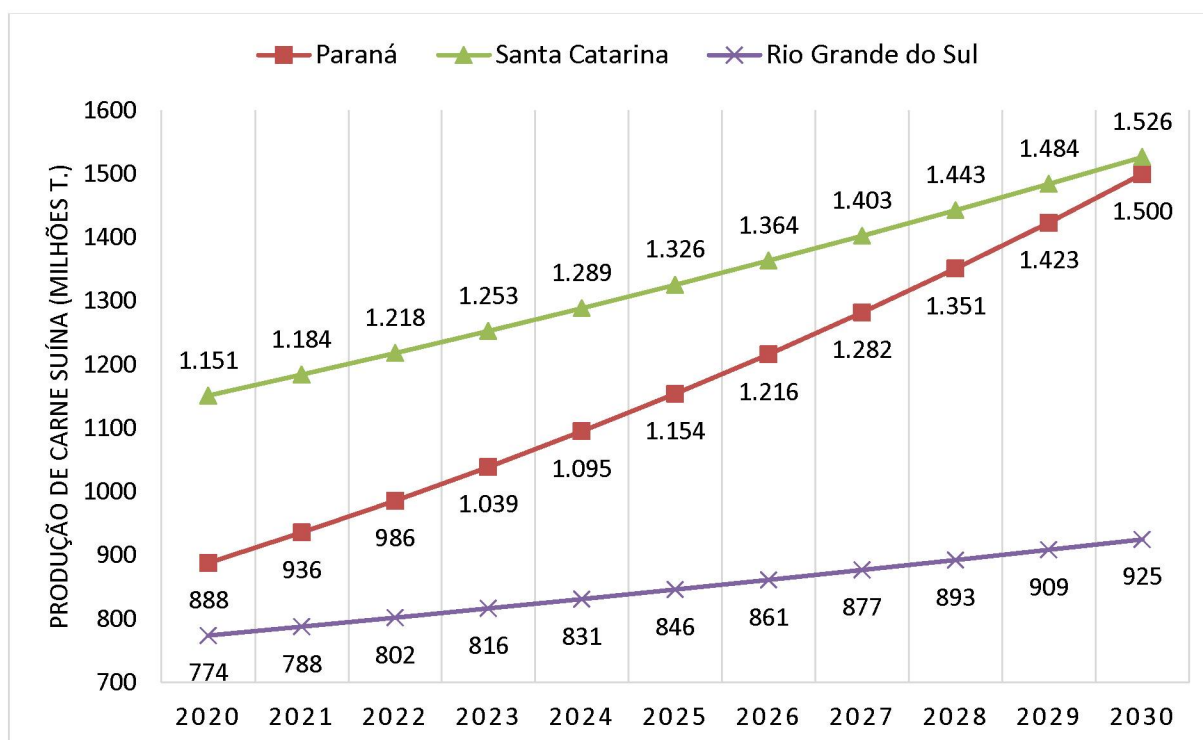
FONTE: Adaptado de ABPA (2020).

4.2 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO CARNE SUÍNA NO BRASIL – HORIZONTE DE ANÁLISE 2020 A 2030

Conforme panorama do setor de produção de carne suína no Brasil, pode-se afirmar que a produção de carne suína nos próximos anos dependerá fortemente dos estados do sul do país, os quais representam cerca de 67% da produção de carne suína em todo o território nacional.

A taxa real média de crescimento anual dos últimos dez anos (2010 a 2020), permite realizar as projeções para os principais estados brasileiros produtores de carne para a próxima década (2020 a 2030), como mostra a FIGURA 18.

FIGURA 18 – ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL – 2020 A 2030.



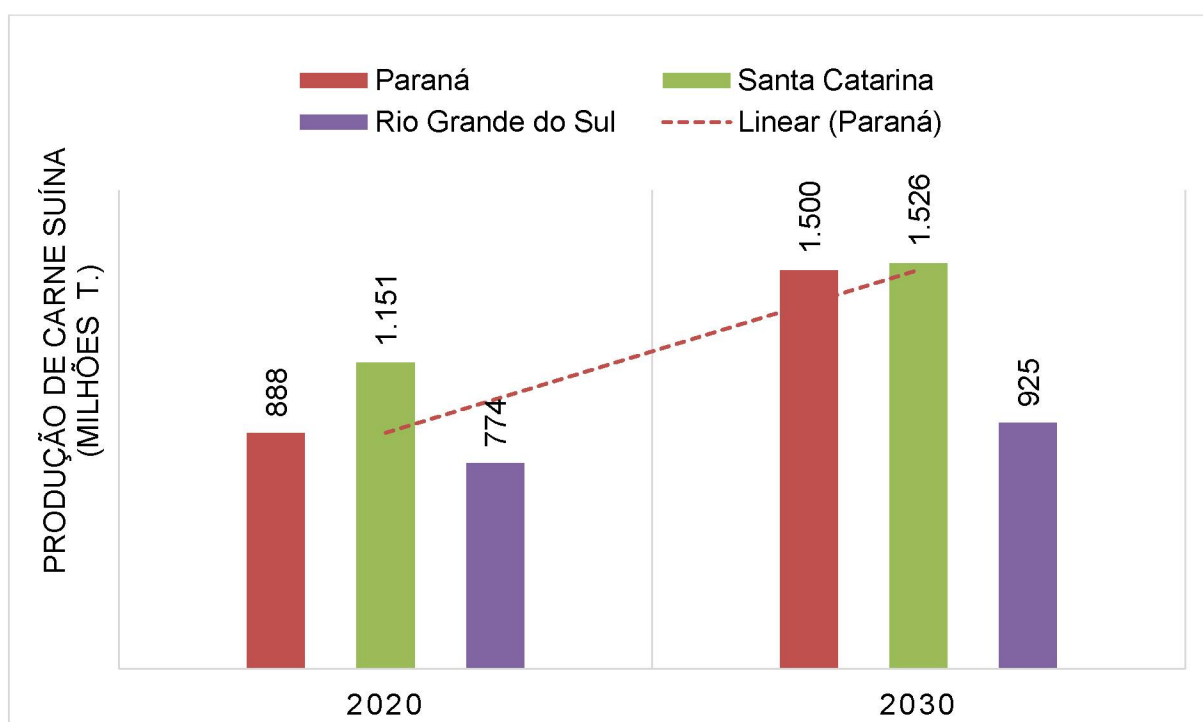
FONTE: O autor (2020).

De acordo com as perspectivas apresentadas na FIGURA 18, os estados do Paraná e Santa Catarina representarão juntos até o ano de 2030, cerca de 50% de toda a produção nacional, equivalente a 3 milhões de toneladas por ano, mesma quantidade que a média anual produzida em todo o país entre os anos de 2010 e 2020.

Considerando a taxa de crescimento exatamente igual ao crescimento nos últimos dez anos (2010 a 2019), pode-se afirmar que o estado do Paraná caminha para se tornar líder de produção de carne suína no país até o ano de 2030, com um crescimento de 69% no período, quando poderá igualar a produção do estado Santa Catarina, em cerca de 1,5 milhões de toneladas por ano.

A FIGURA 19 mostra o crescimento da produção de carne suína nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, de 2020 a 2030, considerando as taxas média de crescimento anual de 5,38%, 2,86% e 1,80%, respectivamente.

FIGURA 19 - PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL - COMPARATIVO 2020 / 2030

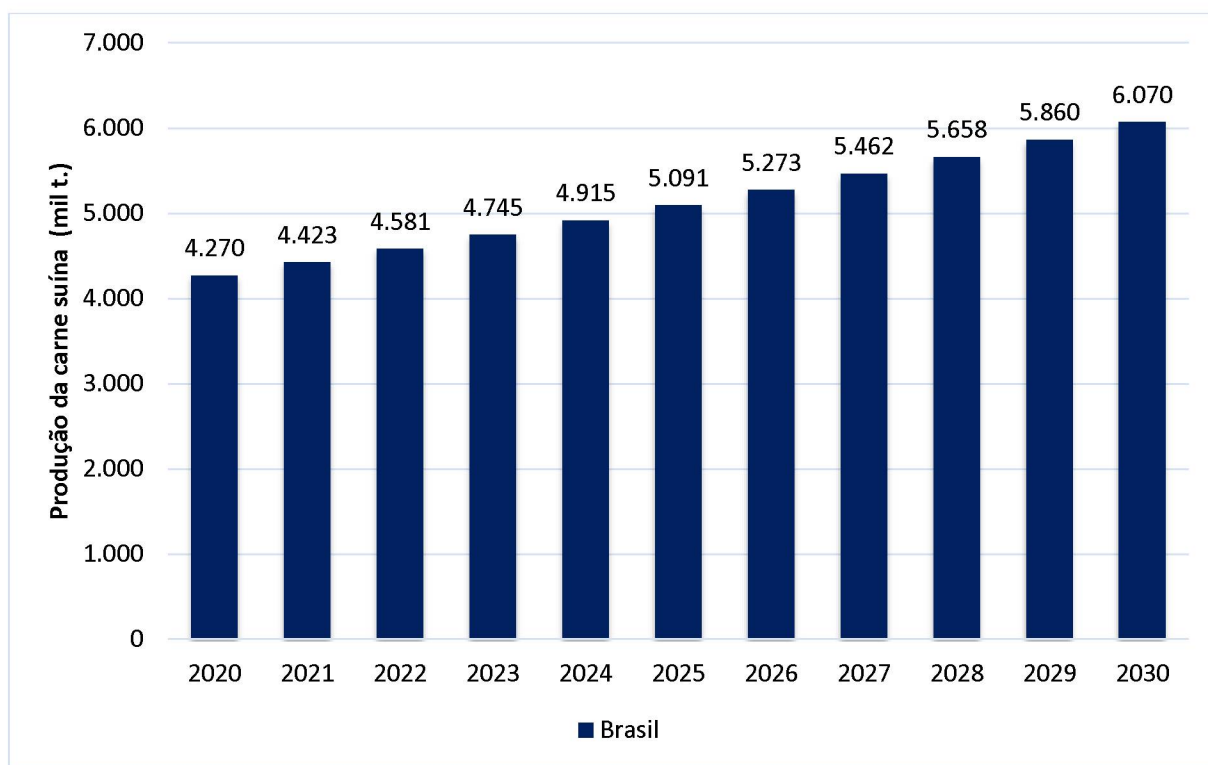


FONTE: O autor (2020).

A nível de exportação, considerando que, de acordo com Yano (2019), o estado do Paraná cresceu cerca 58% entre os anos de 2018 e 2019, equivalente a uma renda de aproximadamente US\$ 152 milhões para o estado, o Paraná tem grande potencial de se tornar líder nacional de exportação.

Considerando o cenário nacional, com o crescimento do setor de abate de suínos no Brasil exatamente igual a taxa média de crescimento nos últimos dez anos (3,58%), as projeções para o setor para a próxima década (2020 a 2030) são apresentadas na FIGURA 20.

FIGURA 20 – ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NO BRASIL – 2020 A 2030.



FONTE: O autor (2020).

Amaral e Guimarães (2017) afirmam que a agropecuária brasileira deve continuar a ser competitiva até 2030, pois os principais fatores que determinam sua competitividade devem se manter no período.

De acordo com as considerações apontadas por Amaral e Guimarães (2017), no estudo “Panorama Setoriais 2030”, os principais desafios para o crescimento do setor de abate de suínos brasileiro, estão relacionados ao investimento crescente em P&D, com mais tecnologia e menor impacto ambiental, visando a redução de custos, controle de pragas/doenças e aumento da eficiência no uso dos recursos naturais.

Para Teixeira e Vianna (2013), o grande desafio para o desenvolvimento do setor industrial brasileiro está relacionado ao regime macroeconômico. Os autores afirmam em seu estudo “Cenários Macroeconômicos no Horizonte 2022/2030” que o crescimento do setor industrial brasileiro dependerá de uma taxa de investimento de cerca de 25% do PIB.

Não obstante, é provável que o número de produtores de carne suína no Brasil seja reduzido pelo incentivo a formação de cooperativas ou de grandes empresas

rurais, como já se observa entre as grandes empresas brasileiras produtoras da proteína do Sul do Brasil.

Contudo, é importante destacar que o ano de 2020 foi marcado pelas consequências econômicas e sociais da crise sanitária que afetou o mundo inteiro. A crise teve seu início em dezembro de 2019, quando o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) da China, identificou um surto de doença respiratória em trabalhadores de um mercado de alimentos na cidade de Wuhan, na China, doença causada por um novo coronavírus, chamado de Covid-19. Em 11 de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde – OMS declarou a Covid-19 uma pandemia global (M. SILVA; R. SILVA, 2020).

De acordo com pesquisas do Observatório Socioeconômico da COVID-19, as consequências na economia brasileira no período pós pandemia, depende de reformas neoliberais do governo, como a reforma fiscal, tributária, entre outras políticas econômicas, para superação de seus impactos negativos na economia (M. SILVA; R. SILVA, 2020).

Portanto, outro desafio para as projeções apresentadas neste trabalho, está relacionado não apenas as incertezas do cenário econômico global para os próximos anos, mas também ao crescimento das atividades econômicas brasileiras na próxima década (2020 a 2030), frente aos obstáculos e restrições decorrentes da crise internacional de 2020.

Diante desse cenário de incertezas, é necessário que os dados apresentados nesse trabalho, quanto ao número de suínos abatidos, e outros dados diretamente relacionados ao potencial de produção de biogás, tais como o consumo de água e o volume de efluente, sejam comparados e aferidos, junto as empresas do setor.

4.3 POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO BRASIL – HORIZONTE DE ANÁLISE 2030

A partir das projeções para o setor de produção de carne suína no Brasil, bem como das considerações apresentadas, o potencial de produção de biogás, para o período de 2020 a 2030.

É importante destacar que o potencial de geração de biogás está diretamente relacionado ao processo de biodigestão anaeróbica, suas etapas e fatores de

influência, conforme apresentado no item 2.3 deste trabalho, o que deve ser considerado para utilização desta metodologia no cálculo do potencial de geração de biogás em uma empresa específica, com suas particularidades de processos e respectivas características do efluente.

O setor de abate de suínos brasileiro, considerando a taxa de crescimento para o setor de abate de suínos no Brasil de 3,58% ao ano, apresentou um potencial de produção de biogás de 6,3 bilhões Nm³, acumulado nos próximos 10 anos (2020 a 2030), equivalente a 4,2 bilhões Nm³ de Metano (CH₄), com uma média anual de 570 milhões Nm³/ano, equivalente a 387 milhões Nm³/ano de CH₄.

A TABELA 9 apresenta o potencial de produção de biogás (Nm³/ano), gerado a partir dos resíduos industriais de abatedouros de suínos no Brasil, calculado por meio das Equações (5), (7) e (8).

TABELA 9 – POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO BRASIL

	(P) Produção de carne suína (mil t/ano)	(PPE) Potencial de Produção de Efluentes (mil m ³ /ano)	(PPB) Potencial de Produção de Biogás (mil Nm ³ /ano)
2020	4.270	55.510	480.162
2021	4.423	57.499	497.366
2022	4.581	59.553	515.133
2023	4.745	61.685	533.575
2024	4.915	63.895	552.692
2025	5.091	66.183	572.483
2026	5.273	68.549	592.949
2027	5.462	71.006	614.202
2028	5.658	73.554	636.242
2029	5.860	76.180	658.957
2030	6.070	78.910	682.572
Fórmula de cálculo	Equação (5)	Equação (7)	Equação (8)
	$P = P(t-1) + 3,58\% \text{ a.a.}$	$PPE = P \cdot fe$	$PPB = PPE \cdot Fb$

$fe = 13 \text{ m}^3$, fator de conversão de efluentes / ton. carne suína (FIEP, 2017)

$fb = 8,65$: fator de conversão de biogás / m³ de efluentes (FIEP, 2017).

Memorial de Cálculo – Apêndice C

FONTE: O autor (2020)

O potencial de produção de biogás para o setor de abate de suínos na próxima década (2020 a 2030), é cerca de 4,8 vezes maior do que o volume de biogás gerado em todo o território nacional no ano de 2019, quando, de acordo com o Centro de Pesquisa para Inovação em Gás – Research Centre for Gas Innovation – RCGI (2019), o Brasil contava com 524 plantas de usinas em operação, produzindo 1,3 bilhão de Nm³ (ABIOGÁS, 2020).

A TABELA 10 apresenta o potencial de produção de biogás (Nm³/ano), a partir dos resíduos industriais de abatedouros de suínos nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

TABELA 10 - POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO BRASIL, PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL - 2020 A 2030

	(P) Produção de carne suína (mil t/ano)			(PPE) Potencial de Produção de Efluentes (mil m³/ano)			(PPB) Potencial de Produção de Biogás (mil Nm³/ano)		
	Paraná	Santa Catarina	Rio Grande do Sul	Paraná	Santa Catarina	Rio Grande do Sul	Paraná	Santa Catarina	Rio Grande do Sul
2020	888	1.151	774	11.545	14.967	10.061	99.861	129.467	87.026
2021	936	1.184	788	12.166	15.395	10.242	105.234	133.170	88.592
2022	986	1.218	802	12.820	15.836	10.426	110.895	136.979	90.187
2023	1.039	1.253	816	13.510	16.289	10.614	116.862	140.896	91.810
2024	1.095	1.289	831	14.237	16.754	10.805	123.149	144.926	93.463
2025	1.154	1.326	846	15.003	17.234	10.999	129.774	149.071	95.145
2026	1.216	1.364	861	15.810	17.727	11.197	136.756	153.334	96.857
2027	1.282	1.403	877	16.661	18.233	11.399	144.113	157.720	98.601
2028	1.351	1.443	893	17.557	18.755	11.604	151.867	162.230	100.376
2029	1.423	1.484	909	18.501	19.291	11.813	160.037	166.870	102.183
2030	1.500	1.526	925	19.497	19.843	12.026	168.647	171.643	104.022
Fórmula de cálculo	Equação (5)			Equação (7)			Equação (8)		
	$P = P(t-1) + 5,38\% \text{ a.a.}$	$P = P(t-1) + 2,86\% \text{ a.a.}$	$P = P(t-1) + 1,80\% \text{ a.a.}$	$PPE = P \cdot fe$			$PPB = PPE \cdot Fb$		

$fe = 13 \text{ m}^3$, fator de conversão de efluentes / ton. carne suína (FIEP, 2017)

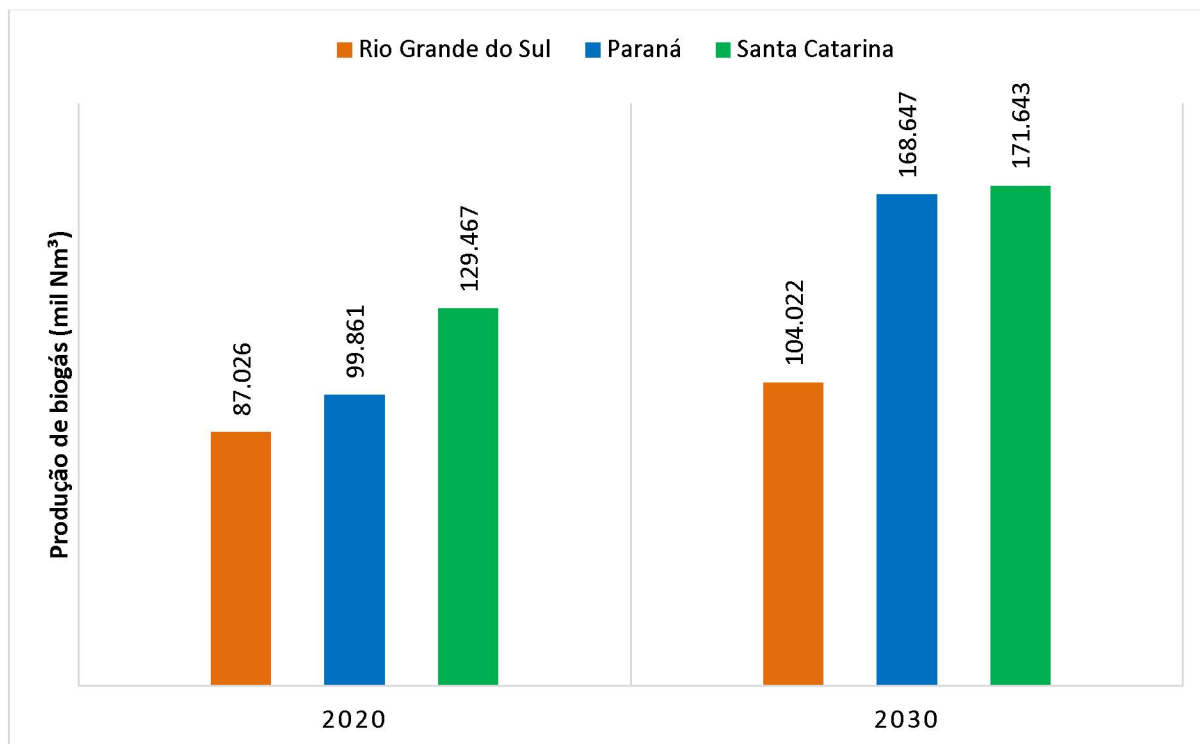
$fb = 8,65$: fator de conversão de biogás / m^3 de efluentes (FIEP, 2017)

Memorial de Cálculo – APÊNDICE C

FONTE: O autor (2020)

Quando analisado os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, é possível observar um crescimento significativo na participação da produção de biogás no estado do Paraná na próxima década (2020 a 2030). Estima-se que os estados representarão cerca de 65% da produção de biogás proveniente dessas indústrias, equivalente a 4,1 bilhões de m³, como mostra FIGURA 21.

FIGURA 21 – PRODUÇÃO DE BIOGÁS NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL – COMPARATIVO 2020/2030



FONTE: O autor (2020)

Por meio dos resultados apresentados na FIGURA 21, é possível afirmar que o Paraná terá, até o ano de 2030, um papel significativo na produção de biogás nacional, juntamente com o estado de Santa Catarina.

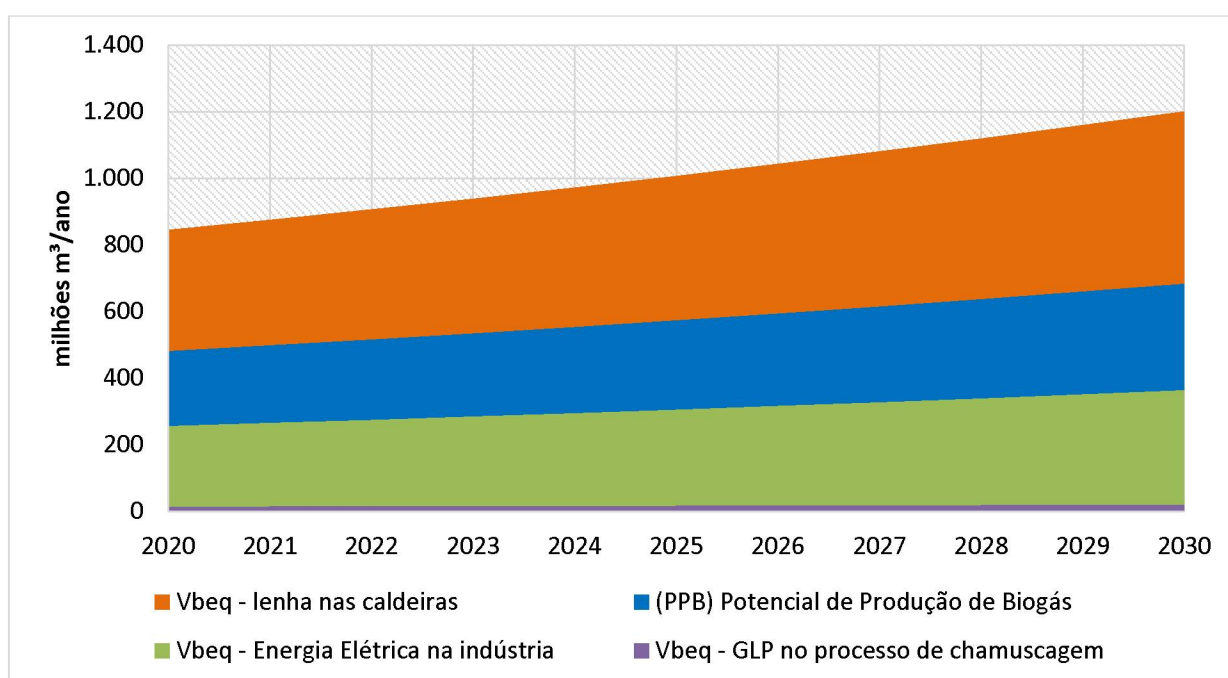
O potencial de produção de biogás obtido, pode ser considerado uma excelente solução para a redução dos impactos ambientais proveniente dessas indústrias, na medida em que contribui para redução de odores desagradáveis, eliminação de patógenos e ainda para a redução das emissões de gases do aquecimento global, provenientes dos processos tradicionais de tratamentos dos efluentes industriais.

O potencial de produção de biogás estimado (682 milhões m³), poderá suprir simultaneamente o volume de biogás equivalente a demanda de energia elétrica (363

milhões de m³) e de GLP (19 milhões de m³) nas indústrias de abate de suínos brasileiras em 2030, não sendo suficiente para suprir o volume de biogás equivalente a demanda energética da lenha nas caldeiras (1.200 milhões de m³).

A FIGURA 22 mostra o comparativo do potencial de produção de biogás a partir dos resíduos de abatedouro de suínos no Brasil, ao volume de biogás equivalente para atender as demandas de energia elétrica, GLP e lenha na nas caldeiras.

FIGURA 22 – COMPARATIVO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS X VOLUME DE BIOGÁS EQUIVALENTE – ENERGIA ELÉTRICA, GLP E LENHA



FONTE: O autor (2020)

Segundo a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA), entidade representativa das principais unidades produtoras de açúcar, etanol (álcool combustível) e bioeletricidade da região Centro-Sul do Brasil, o potencial de produção de biogás em território nacional é de 84,6 bilhões de Nm³/ano, sendo que o setor da agroindústria tem a capacidade de gerar 37,4 bilhões Nm³/ano (UNICA, 2020).

Quando comparado ao estudo “Perspectivas do biogás da China: fundamentos, desafios e considerações”, que afirma que a segunda maior potencial mundial deve alcançar a produção de até 1,8 bilhão de toneladas de biogás em 2030, pode-se afirmar que o Brasil ainda tem muito o que avançar para ocupar lugar de destaque no cenário mundial. Principalmente, no que diz respeito ao incentivo de

políticas públicas e avanço tecnológico para aumento da rentabilidade efetiva destas instalações (GIWA et al., 2020).

4.4 LEVANTAMENTO DAS POSSÍVEIS APLICAÇÕES DO BIOGÁS E SEUS SUBPRODUTOS NA INDÚSTRIA DE ABATE DE SUÍNOS

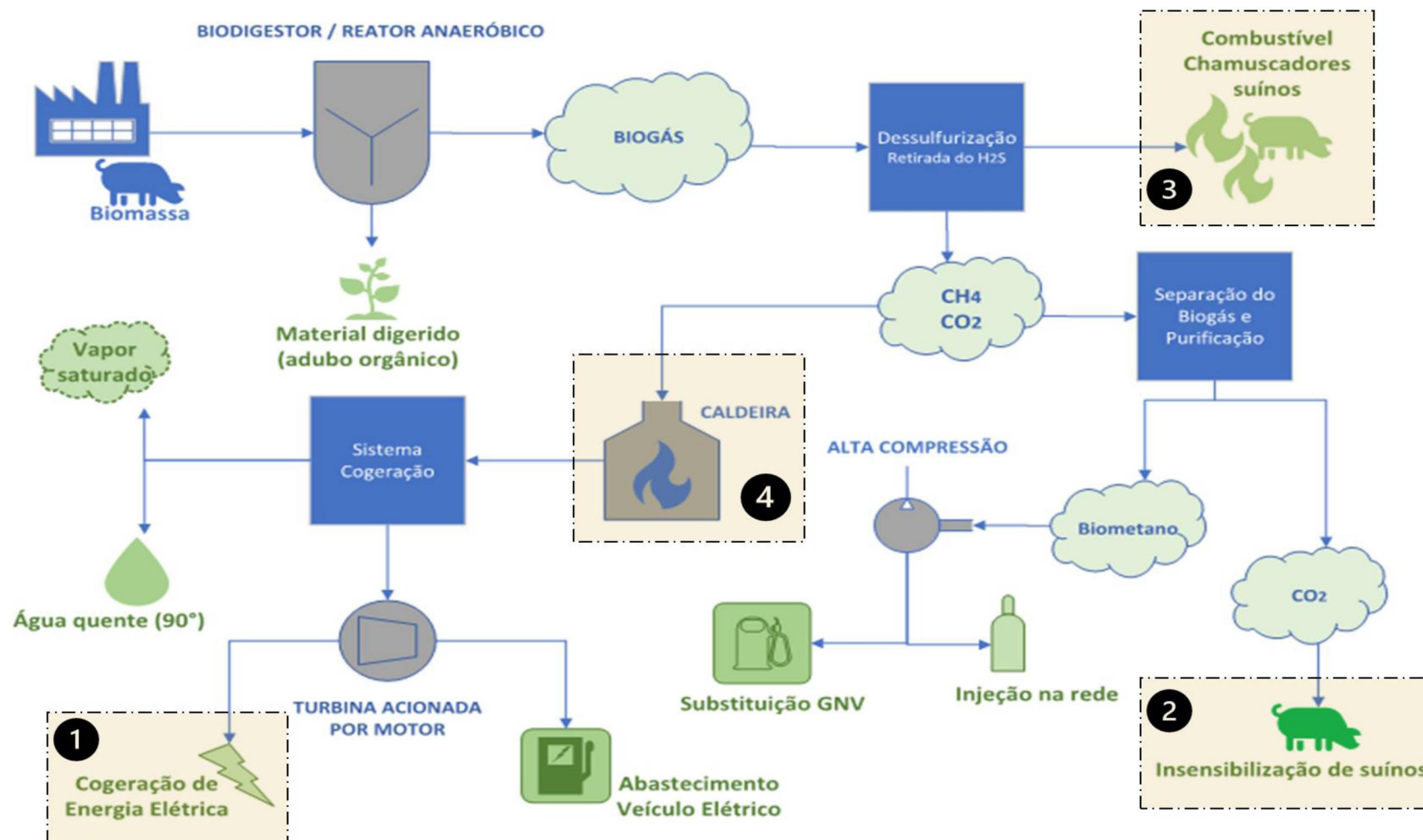
Dentre as aplicações do biogás na indústria de abate de suínos, as mais representativas em termos ambientais e econômicos estão relacionadas as atividades e processos industriais, tais como: substituição dos combustíveis utilizados nas caldeiras para fornecimento de água quente (90°) e vapor saturado; substituição do GLP no processo de chamuscagem de suínos; geração de energia elétrica para o consumo de máquinas e equipamentos industriais.

Contudo, o biogás e os subprodutos gerados no processo de biodigestão, podem ser aproveitados na indústria de abate de suínos também para outros fins, como a utilização do material digerido (digestato) para adubo orgânico; fornecimento de energia elétrica para abastecimento de veículos elétricos, aplicação do biometano como substituto ao GNV e a aplicação do dióxido de carbono (CO₂) para insensibilização de suínos – composição do biogás de 30 a 45% de (CO₂).

De acordo com a Embrapa (2018), a aplicação do dióxido de carbono (CO₂) no sistema de insensibilização de suínos é uma importante prática de bem-estar animal, que consiste em induzir os suínos a um estado de analgesia e anestesia, devido à redução do pH do sangue e do fluido cérebro espinhal. A prática colabora com a redução do stress animal no abate, garantindo a melhor qualidade da carne e reduzindo as perdas no processo (BRASIL, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2018).

A FIGURA 23 mostra as possíveis aplicações do biogás e seus subprodutos na indústria de abate de suínos. Destaque para as aplicações analisadas neste trabalho: (1) Geração de energia elétrica; (2) Insensibilização de suínos; (3) Combustível substituo ao GLP nos chamuscadores de suínos e (4) Combustível substituto a lenha nas caldeiras.

FIGURA 23 – APLICAÇÕES DO BIOGÁS E SEUS SUBPRODUTOS NA INDÚSTRIA DE ABATE DE SUÍNOS.



FONTE: O autor (2020)

4.5 POTENCIAL DO USO ECONÔMICO DO BIOGÁS PARA O SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL

As estimativas a seguir devem ser consideradas tendo em vista a composição do biogás, a qual, segundo Galbiatti (2010), é fundamental para determinar suas formas de aplicações na indústria, considerando ainda o grau de purificação do biogás (GALBIATTI et al., 2020).

Tendo em vista que atualmente as empresas do setor estão sendo cada vez mais responsabilizadas pelos impactos ambientais relacionados as suas atividades industriais, as aplicações do biogás analisadas neste trabalho, apresentam-se como um caminho promissor para a sustentabilidade, como uma estratégia empresarial para a competitividade (MARTINS ; YAGASAKI, 2012).

Nesse sentido, a investigação da exploração do potencial energético do biogás produzido nessas indústrias é uma questão estrategicamente importante para as empresas, não apenas considerando o atual esforço para minimizar os impactos ambientais e gerar energia a partir de fontes renováveis mas também como uma grande oportunidade de alavancar os resultados econômicos para o setor (VILVERT; SALDEIRA; BAUTITZ; ZENATTI; ANDRADE, 2020).

De acordo com estudo sobre o uso da tecnologia IoT (“Internet das coisas”, tradução do autor) na indústria agrícola, da Berg Insigh, empresa dedicada a pesquisa de tecnologia com sede na Suécia, as expectativas para os próximos anos são positivas, devido, principalmente, as mudanças tecnológicas e avanços na agricultura de precisão, tanto no âmbito nacional quanto global, com o potencial de alcançar o patamar 4,2 bilhões de euros até 2021, equivalente a um crescimento anual de 13,6% entre os anos de 2016 e 2021 (STÅLBRAND, 2017).

Dentre as tecnologias aplicadas ao biogás apresentadas na FIGURA 23, foram avaliadas neste trabalho as três aplicações consideradas como maiores oportunidades para o setor, em termos ambientais e econômicas.

4.5.1 Custo evitado com energia elétrica

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2018), o setor industrial destaca-se como maior consumidor de energia elétrica em nosso país, sendo responsável por 36% de toda energia utilizada no território nacional,

considerando que a maior parte dessa eletricidade é proveniente da rede pública (BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2018).

Considerando uma taxa de crescimento para o setor de abate de suínos no Brasil de 3,58% ao ano, estima-se que apenas as indústrias do setor de abate de suíno no país consumirão cerca de 2,4 mil GWh para atender a demanda de energia elétrica do setor no ano de 2030. Isso representará um custo estimado de cerca de US\$810 milhões no ano de 2030, como mostra a TABELA 11.

TABELA 11 – CUSTO PROJETADO COM ENERGIA ELÉTRICA PARA O SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL – 2020 A 2030

Ano	(nSA) Nº de suínos abatidos (mil cabeças)	(cmE) Consumo médio de Energia Elétrica (KWh/suíno)	(dE) Demanda de Energia Elétrica (GWh/ano)	*(tfe) Tarifa média energia elétrica (US\$/kWh)	(CEE) Custo projetado com energia elétrica (milhões US\$/ano)
2020	48.016	36	1.729	0,175	\$302,08
2021	49.735	36	1.790	0,186	\$333,42
2022	51.515	36	1.855	0,198	\$368,02
2023	53.360	36	1.921	0,211	\$406,20
2024	55.270	36	1.990	0,225	\$448,34
2025	57.249	36	2.061	0,240	\$494,85
2026	59.298	36	2.135	0,256	\$546,19
2027	61.421	36	2.211	0,273	\$602,86
2028	63.620	36	2.290	0,291	\$665,41
2029	65.897	36	2.372	0,310	\$734,44
2030	68.257	36	2.457	0,330	\$810,64
Fórmula de Cálculo					
$nSa = nSa + Tmc$		-	$dE = nSA . cmE$		-
					$CEE = tfe . De$

Tarifa média de energia elétrica para indústria: 0,164 US\$/kWh (ANEEL, 2019)

*Atualização monetária da tarifa de energia elétrica para os próximos 10 anos: 6,56% ao ano – IGP-M, média últimos 10 anos (2010 – 2020) (FGV, 2020).

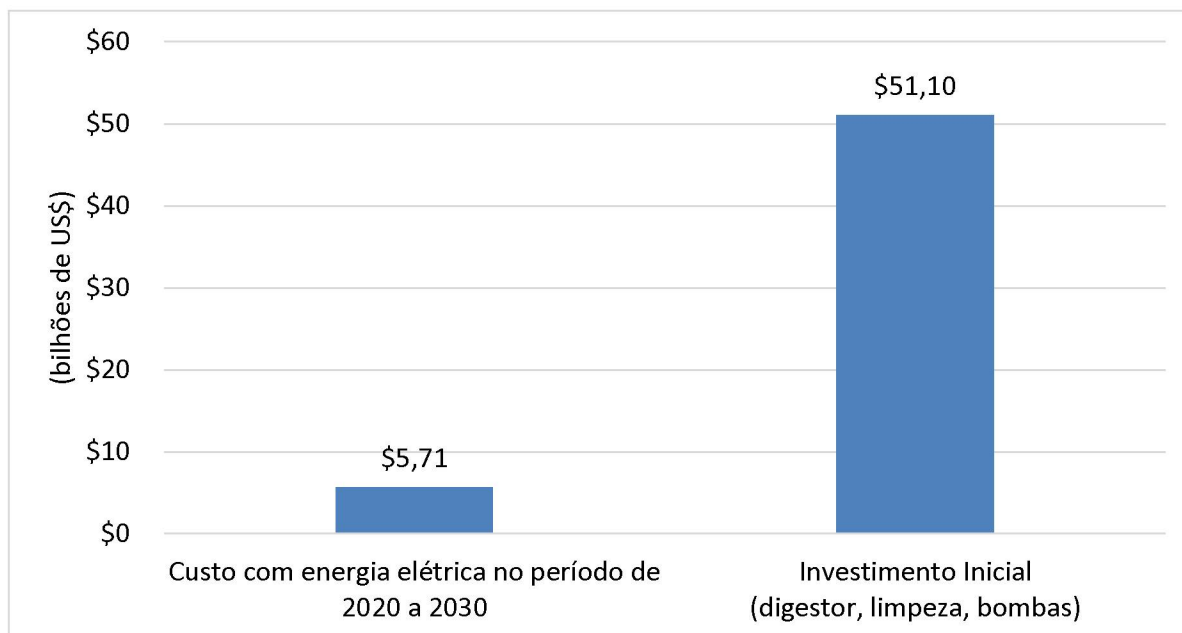
Memorial de cálculo – Apêndice D e E.

FONTE: O autor (2020)

Para atender a demanda projetada para o ano de 2030, de 2,4 mil GWh, por meio da geração de energia elétrica a partir do biogás produzido dos resíduos das indústrias de abate de suínos, estima-se que o Brasil invista cerca de US\$51 bilhões com a instalação em novos biodigestores anaeróbicos, sistemas de armazenamento

de biogás e sistemas de produção combinada de calor e eletricidade. Isso representa cerca de 10 vezes mais o valor despendido com o consumo de energia elétrica pelo setor em todo o período (2020 a 2030), conforme mostra a FIGURA 24.

FIGURA 24 - COMPARATIVO INVESTIMENTO DE CAPITAL X CUSTO ENERGIA ELÉTRICA



FONTE: O autor (2020)

Esse alto valor de investimento, demonstra o que foi afirmado por Varho, Winquist e Rikkonen (2019), no estudo “O biogás é uma energia ou um produto de sustentabilidade? - Oportunidades de negócios no ramo finlandês de biogás” (tradução do autor), no que diz respeito a falta de lucratividade para as empresas no uso econômico do biogás para geração de energia elétrica.

De acordo com o estudo “Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto 2021 - 2030”, o investimento de capital (CAPEX) necessário para instalação de uma planta produtora de biometano, por meio da fermentação da vinhaça, com capacidade de produção de 16,5 milhões de Nm³ / ano é na ordem de R\$ 23 bilhões. Já o custo operacional da planta (OPEX), no período de 2021 a 2030, representa uma despesa acumulada de R\$ 12 bilhões (BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2020)

Para Varho et al. (2019), a falta de lucratividade, devido aos altos custos desse tipo de tecnologia, mesmo em países como a Alemanha e Suécia, que possuem incentivos econômicos e políticas públicas de permissões, licenças e mecanismos de

apoio instáveis, são barreiras limitantes para o aumento da utilização do biogás como fonte de energia alternativa (VARHO et al. 2019).

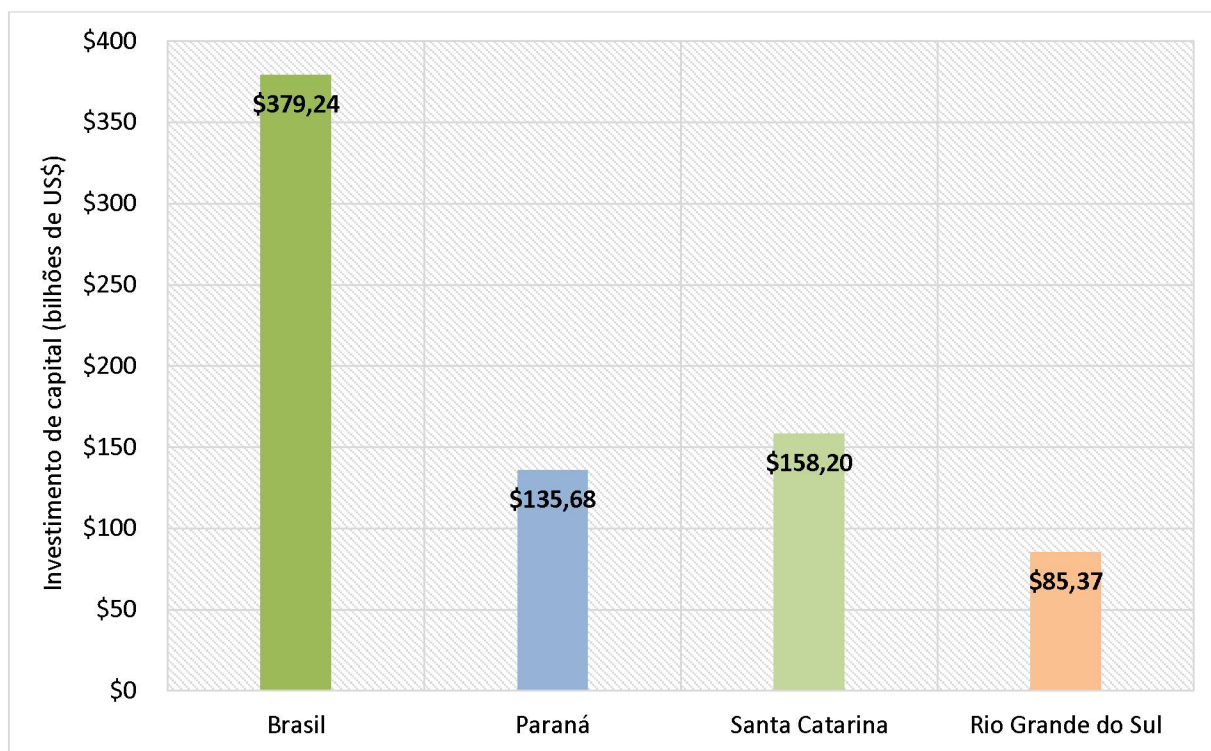
Os resultados apresentados corroboram com o estudo “Plano Decenal de Expansão de Energia 2030: Oferta de Biocombustíveis”

Os resultados apresentados corroboram também com o estudo “Avaliação Econômica da Viabilidade de Instalação de Planta de Biogás para Tratamento de Efluentes de Abatedouros” (tradução do autor), que aponta o alto prazo de retorno do investimento e a falta de lucratividade o principal motivo para não utilização do biogás nessas empresas (GATO et al., 2019).

No referente estudo, Gato et al. (2019) destaca que foram subsidiados cerca €200 mil para instalação de uma usina de biogás com capacidade para produzir cerca de 300 mil m³, apresentando um prazo de retorno do investimento de 10 anos, o que inviabilizou sua implantação.

A FIGURA 25 apresenta o investimento estimado em novos biodigestores anaeróbicos, sistemas de armazenamento de biogás e sistemas de produção combinada de calor e eletricidade para atender a demanda de biogás nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul em 2030.

FIGURA 25 – INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA ATENDER A DEMANDA DE BIOGÁS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATÉ 2030 – BRASIL, PR, SC E RS



FONTE: O autor (2020)

Conforme apresentado na FIGURA 25, os altos custos dos sistemas de geração de energia elétrica a partir do biogás, inviabilizam o seu uso econômico para a lucratividade das empresas de abate de suínos brasileiras.

De acordo com estudo realizado para Empresa de Pesquisa Energética (2016), somente a partir de 2030, com a consolidação dos projetos pioneiros e estabelecimento da cadeia de serviços do biogás, o mercado do biogás encontrará as condições ideais para o seu desenvolvimento. (BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética, EPE, 2016).

Contudo, pode-se afirmar que as condições necessárias para o avanço do uso da tecnologia no país não tem se estabelecido conforme esperado, quando observado o grande volume de projetos que não avançam devido a complexidade de sua execução e falta de lucratividade para as empresas.

Como exemplo pode-se citar as 23 propostas submetidas a chamada de projetos de P&D da ANEEL denominada Chamada nº 014/2012, das quais apenas uma foi concluída, o projeto da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), com o título “Produção e comercialização de eletricidade produzida a partir do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça” (BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2019).

De acordo com o CIBiogás, menos de dez dos 23 projetos submetidos na Chamada nº014/2012 tiveram sua execução iniciada até 2018, devido as empresas que iriam utilizar seus recursos de P&D nesses projetos perceberam maior risco de não haver sucesso na sua realização (CIBIOGÁS, 2018).

Pode-se afirmar, portanto, que a falta de novas tecnologias e políticas de incentivo que apoiem os empreendimentos no momento do investimento, são determinantes para utilização do biogás para geração de energia elétrica como fonte renovável de energia.

Por outro lado, quando considerado apenas os custos de produção do biogás equivalente (operação e manutenção do sistemas de geração de energia elétrica), o custo evitado com energia elétrica no período de dez anos (2020 a 2030), soma mais de US\$4,8 bilhões para o setor, como mostra a TABELA 12 e FIGURA 26.

TABELA 12 – CUSTO EVITADO COM ENERGIA ELÉTRICA NO SETOR DE ABATE DE SUÍNOS
BRASIL – 2020 A 2030

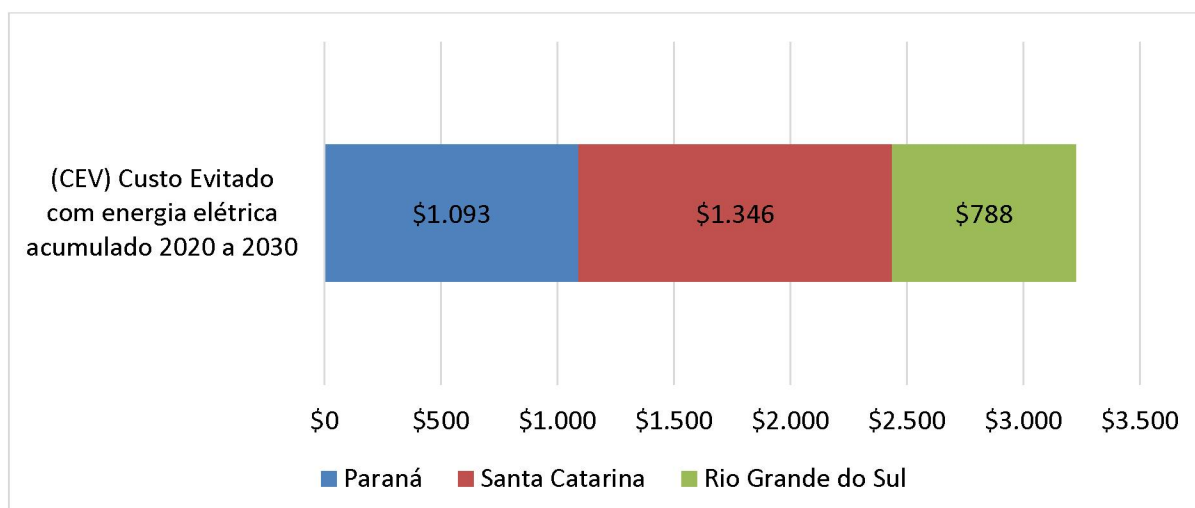
Ano	(dE) Demanda de Energia Elétrica (GWh/ano)	(CEE) Custo projetado com energia elétrica (milhões US\$/ano)	(Vb) Volume equivalente de biogás (milhões m ³ /ano)	*(Cbeq) Custo projetado com a geração de biogás (milhões US\$/ano)	(Cev) Custo evitado (milhões US\$/ano)
2020	1.729	\$302	255	\$54	\$247,63
2021	1.790	\$333	265	\$49	\$284,14
2022	1.855	\$368	274	\$54	\$313,62
2023	1.921	\$406	284	\$60	\$346,16
2024	1.990	\$448	294	\$66	\$382,07
2025	2.061	\$494	305	\$73	\$421,71
2026	2.135	\$546	316	\$81	\$465,47
2027	2.211	\$602	327	\$89	\$513,76
2028	2.290	\$665	339	\$98	\$567,06
2029	2.372	\$734	351	\$109	\$690,82
2030	2.457	\$810	363	\$120	\$247,63
Fórmula de Cálculo	$dE = nSA \cdot cmE$	$CEE = tfe \cdot De$	$Vb = mCH4 / 68\%$	$Cvb = Vb \cdot Cb$	$CEV(e) = CEE - Cvb$

cmE = consumo médio de energia elétrica por suíno abatido, 36 kWh/cabeça (COWI et al., 2000).
Tarifa média de energia elétrica para indústria: 0,164 US\$/kWh (ANEEL, 2019); *Atualização monetária da tarifa de energia elétrica para os próximos 10 anos: 6,56% ao ano – IGP-M, média últimos 10 anos (2010 – 2020) (FGV, 2020); Cb = Custo na geração de biogás em dólar americano: 0,20 US\$/m³ (WEGENER (2021); Memorial de cálculo – Apêndice D e E

FONTE: O autor (2020)

Quando observada a estimativa do custo evitado com energia elétrica nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, representando uma economia de cerca de US\$1 bilhão, US\$1,3 bilhão e US\$788 milhões, respectivamente, pode-se afirmar que os estados do sul do país poderão representar uma economia de cerca de US\$3,2 bilhões para o setor, cerca de 66% da economia gerada em todo o país, como mostra FIGURA 26.

FIGURA 26 - CUSTO EVITADO COM ENERGIA ELÉTRICA NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL – ACUMULADO 2020 A 2030



FONTE: O autor (2020)

4.5.1.1 Custo evitado com a insensibilização elétrica

Considerando uma taxa de crescimento para o setor de abate de suínos no Brasil de 3,58% ao ano, estima-se que apenas as indústrias do setor de abate de suíno no país consumirão cerca de 25,6 GWh para atender a demanda de energia elétrica no processo de insensibilização no setor de suínos no ano de 2030, como mostra a TABELA 13.

TABELA 13 – CUSTO PROJETADO COM ENERGIA ELÉTRICA NO PROCESSO DE INSENSIBILIZAÇÃO DE SUÍNOS NO BRASIL – 2020 A 2030

Ano	Número de suínos abatidos (milhões cabeças)	(dE) Demanda de Energia Elétrica (GWh/ano)	*(tfe) Tarifa média energia elétrica (US\$/kWh)	(CEE) Custo com energia elétrica insensibilização de suínos (milhões US\$/ano)
2020	48,02	18,01	0,175	\$3,15
2021	49,73	18,65	0,186	\$3,47
2022	51,52	19,32	0,198	\$3,83
2023	53,36	20,01	0,211	\$4,23
2024	55,27	20,73	0,225	\$4,67
2025	57,25	21,47	0,240	\$5,15
2026	59,30	22,24	0,256	\$5,69
2027	61,42	23,03	0,273	\$6,28
2028	63,62	23,86	0,291	\$6,93
2029	65,90	24,71	0,310	\$7,65
2030	68,26	25,60	0,330	\$8,44
$nSa = nSa + Tmc$		$dE = nSA \cdot E$	-	$CEE = *tfe \cdot dE$

FONTE: O autor (2020)

E = 0,375 (equipamentos com uma voltagem de 300 Volts, com uma amperagem mínima de 1,25 Ampères e frequência acima de 100Hz) (SEBRAE, 2016)

t_{fe} = Tarifa média de energia elétrica para indústria: 0,164 US\$/kWh (ANEEL, 2019)

*Atualização monetária da tarifa de energia elétrica para os próximos 10 anos: 6,56% ao ano – IGP-M, média últimos 10 anos (2010 – 2020) (FGV, 2020).

Memorial de cálculo – Apêndice D e E

Para atender a demanda projetada de 25,6 GWh, por meio da insensibilização gasosa como método alternativo a insensibilização elétrica nas industriais de abate de suínos, considerando a composição média do biogás de 68% de metano e 32% de gás carbônico, estima-se um potencial de economia para o setor de US\$37,8 milhões, valor acumulado no período (2020 a 2030), como mostra a TABELA 14.

TABELA 14 – CUSTO EVITADO COM ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DA INSENSIBILIZAÇÃO GASOSA (CO₂) NO SETOR DE ABATE DE SUÍNOS BRASIL - 2020 A 2030

Ano	(VCO ₂) Volume equivalente de CO ₂ (milhões m ³ /ano)	(Vb) Volume equivalente de biogás (milhões m ³ /ano)	*(Cb) Custo com a geração de biogás (US\$/m ³)	(Cbeq) Custo projetado com a geração do biogás equivalente (milhões US\$/ano)	CEV(ins) Custo evitado (milhões US\$/ano)
2020	5,66	2,66	\$0,20	\$0,54	\$3,12
2021	5,86	2,76	\$0,22	\$0,59	\$3,44
2022	6,07	2,86	\$0,23	\$0,66	\$3,80
2023	6,28	2,96	\$0,24	\$0,72	\$4,19
2024	6,51	3,06	\$0,26	\$0,80	\$4,63
2025	6,74	3,17	\$0,28	\$0,88	\$5,11
2026	6,98	3,29	\$0,30	\$0,97	\$5,64
2027	7,23	3,40	\$0,32	\$1,08	\$6,23
2028	7,49	3,53	\$0,34	\$1,19	\$6,88
2029	7,76	3,65	\$0,36	\$1,31	\$7,59
2030	8,04	3,78	\$0,38	\$1,45	\$8,38
Fórmula de Cálculo	$VCO_2 = vCH_4 \cdot 32\%$	$Vb = vCH_4 / 68\%$	-	$Cvb = Vb \cdot Cb$	$CEV(ins) = CEE - Cvb$

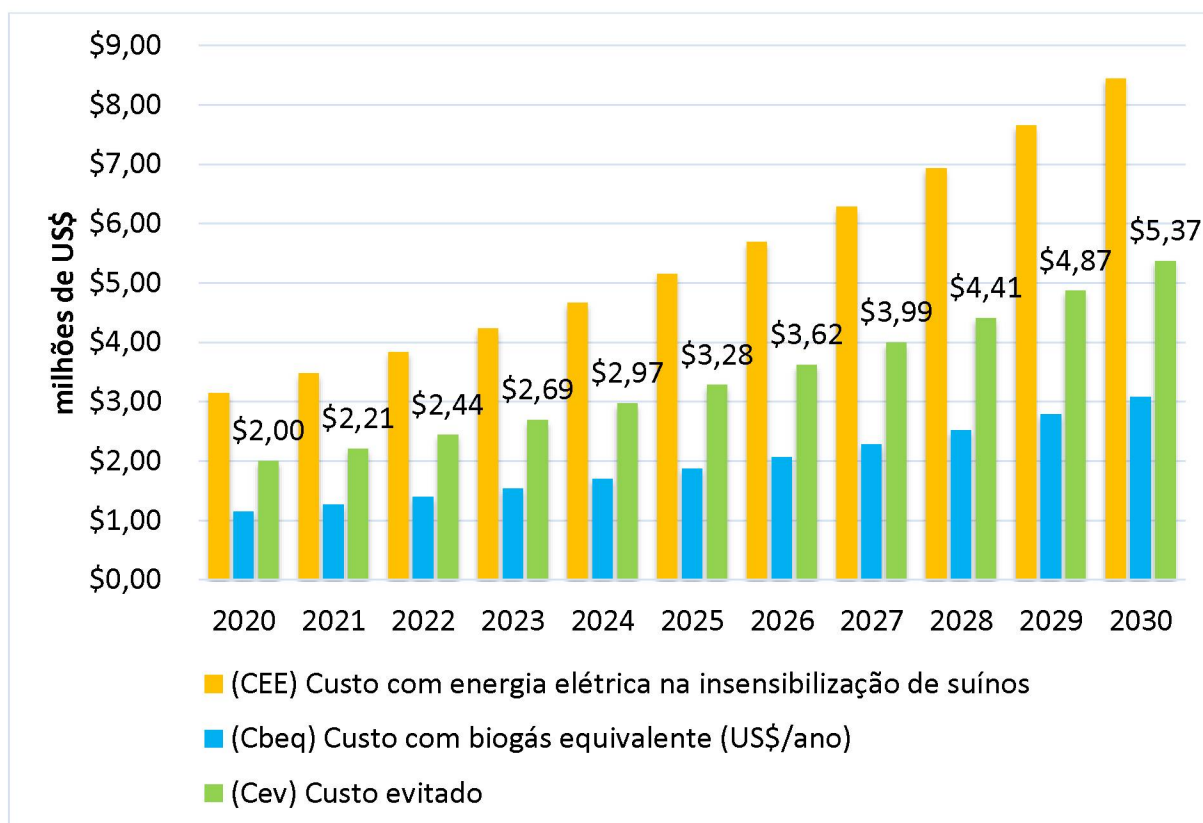
biogás de 68% de metano e 32% de gás carbônico; Cb = Custo na geração de biogás em dólar americano: 0,20 US\$/m³ (WEGENER (2021); *Atualização monetária da tarifa de energia elétrica para os próximos 10 anos: 6,56% ao ano – IGP-M, média últimos 10 anos (2010 – 2020) (FGV, 2020).

Memorial de cálculo – Apêndice D e E

FONTE: O autor (2020)

A FIGURA 27 mostra o custo evitado com a substituição da insensibilização elétrica pela insensibilização gasosa de suínos, como método alternativo para o atordoamento de suínos. O custo evitado com energia elétrica nesse processo é estimado em cerca de US\$37 milhões, valor acumulado no período de dez anos (2020 a 2030).

FIGURA 27 - CUSTO EVITADO COM ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DA INSENSIBILIZAÇÃO GASOSA



FONTE: O autor (2020).

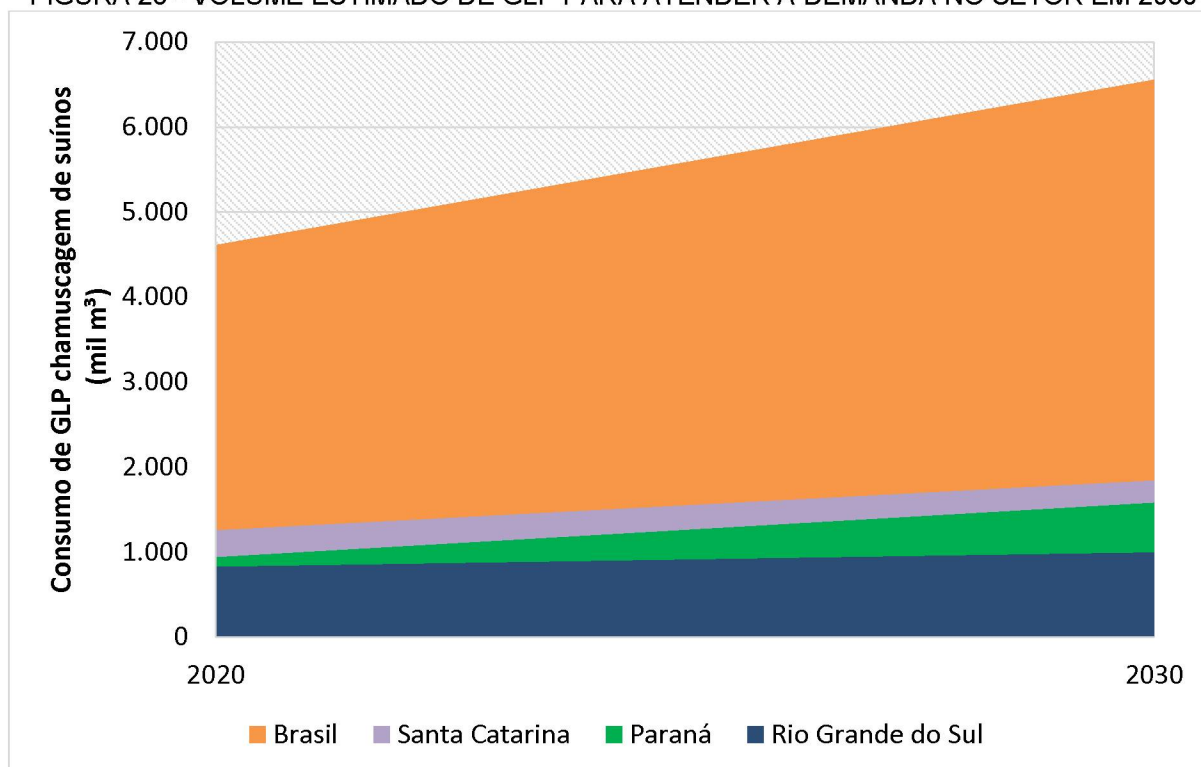
Para Mariani (2018), o fator limitante para a consolidação do cenário otimista do uso do biogás para aplicações como a insensibilização gasosa por empresas brasileiras, é a falta de tecnologias adaptadas à realidade do país. De acordo com a autora, atualmente, os equipamentos, denominados de “turn key” (chave na mão), apresentam componentes produzidos e operados por empresas europeias, dificultando que o Brasil desenvolva tecnologias similares, barateando os custos envolvidos (MARIANI, 2018).

Em termos de bem-estar animal, o atordoamento de suínos com CO₂ tem vários benefícios em relação ao atordoamento elétrico, tais como à redução de perdas no processo de abate e qualidade das carcaças pela diminuição das fraturas e lesões, causadas muitas vezes pela insensibilização elétrica.

4.5.2 Custo evitado com GLP no processo de chamuscagem

Considerando uma taxa de crescimento para o setor de abate de suínos no Brasil de 3,58% ao ano, estima-se que apenas as indústrias de abate de suíno no país consumirão cerca de 6,5 milhões de m³ de GLP para atender a demanda do processo de chamuscagem no ano de 2030, sendo cerca de 35% desse volume para atender a demanda dos estados do sul do país, como mostra a FIGURA 28.

FIGURA 28 - VOLUME ESTIMADO DE GLP PARA ATENDER A DEMANDA NO SETOR EM 2030



FONTE: O autor (2020).

O custo estimado para atender a demanda de GLP do setor no ano de 2030 é de US\$29 milhões, quatro vezes maior do que o custo estimado com a geração do biometano equivalente, de US\$7,4 milhões, como mostra a TABELA 15.

TABELA 15 - CUSTO EVITADO COM GLP NO PROCESSO DE CHAMUSCAGEM – 2020 A 2030

	Ano	*(cGLP) Custo com GLP (milhões US\$/ano)	*(Cvb) Custo com a geração de biogás equivalente (milhões US\$/ano)	(CEV) Custo Evitado (milhões US\$/ano)
Brasil	2020	\$10,83	\$2,77	\$8,06
	2021	\$11,96	\$3,06	\$8,89
	2022	\$13,20	\$3,38	\$9,82
	2023	\$14,57	\$3,73	\$10,84
	2024	\$16,08	\$4,12	\$11,96
	2025	\$17,74	\$4,54	\$13,20
	2026	\$19,59	\$5,02	\$14,57
	2027	\$21,62	\$5,54	\$16,08
	2028	\$23,86	\$6,11	\$17,75
	2029	\$26,34	\$6,74	\$19,59
	2030	\$29,07	\$7,44	\$21,63
	2021	\$2,46	\$1,27	\$1,19
	2022	\$2,77	\$1,42	\$1,34
	2023	\$3,11	\$1,60	\$1,51
	2024	\$3,49	\$1,80	\$1,69
	2025	\$3,92	\$2,02	\$1,90
	2026	\$4,40	\$2,26	\$2,13
	2027	\$4,94	\$2,54	\$2,39
	2028	\$5,54	\$2,86	\$2,69
	2029	\$6,23	\$3,21	\$3,02
	2030	\$6,99	\$3,60	\$3,39
Fórmula de cálculo		$cGLP = pGLP \cdot VGLP$	$Cvb = Vb \cdot Cb$	$CEV(I) = cGLP - Cvb$

pGLP: preço do GLP: US\$ 0,82 R\$/kg, média 2019 (BRASIL, ANP, 2019);

(de) = demanda de energia elétrica (KWh/ano)

Cb = Custo na geração de biogás em dólar americano: 0,20 US\$/m³ (WEGENER (2021);

*Atualização monetária da tarifa de energia elétrica para os próximos 10 anos: 6,56% ao ano – IGP-M, média últimos 10 anos (2010 – 2020) (FGV, 2020);

Memorial de cálculo - Apêndice F e G.

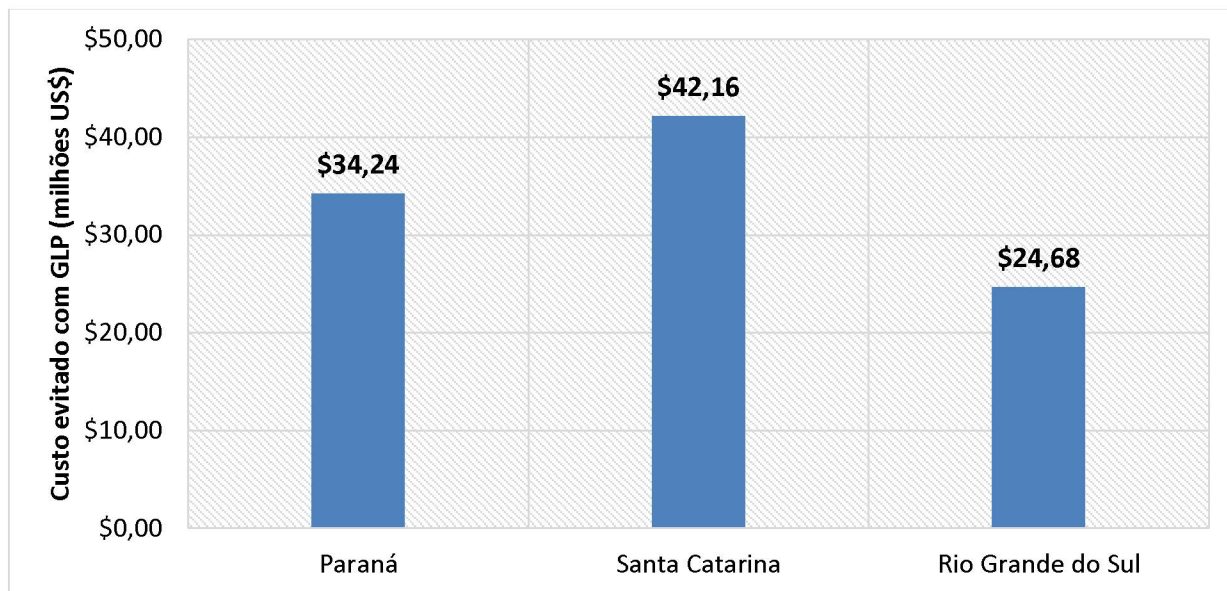
FONTE: O autor (2020)

De acordo com os resultados apresentados, pode-se afirmar que a aplicação do biogás para substituição do GLP no processo de chamuscagem é economicamente viável, representando uma economia de 74% dos recursos financeiros que seriam gastos com o consumo de GLP, equivalente ao total de \$152 milhões para o período analisado (2020 a 2030).

Considerando apenas os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, estima-se que o uso do biogás para a substituição do GLP no processo de

chamuscagem, poderá representar uma economia de cerca de US\$100 milhões ao longo dos próximos dez anos (2020 a 2030), conforme mostra FIGURA 29.

FIGURA 29 - CUSTO EVITADO COM GLP A PARTIR DA GERAÇÃO DO BIOMETANO EQUIVALENTE NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL EM 2030.



FONTE: O autor (2020).

No que diz respeito aos impactos ambientais relacionados ao Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), diferentemente de outros combustíveis fósseis, não é considerado um gás de efeito estufa e sim uma energia limpa. (BRASIL, Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo - SINDGAS, 2016)

Portanto, a análise desenvolvida neste trabalho consistiu em um comparativo econômico dos custos relacionados ao consumo estimado de GLP no processo de chamuscagem das industriais de abate de suínos brasileiras, frente ao custo estimado da produção de biogás (biometano) equivalente para atender a esta demanda, o que pode ser viável.

4.5.3 Custo evitado com lenha nas caldeiras

Considerando uma taxa de crescimento para o setor de abate de suínos no Brasil de 3,58% ao ano, estima-se que apenas as industriais de abate de suíno no país consumirão cerca de 9,4 bilhões de m³ de lenha (eucalipto) no ano de 2030.

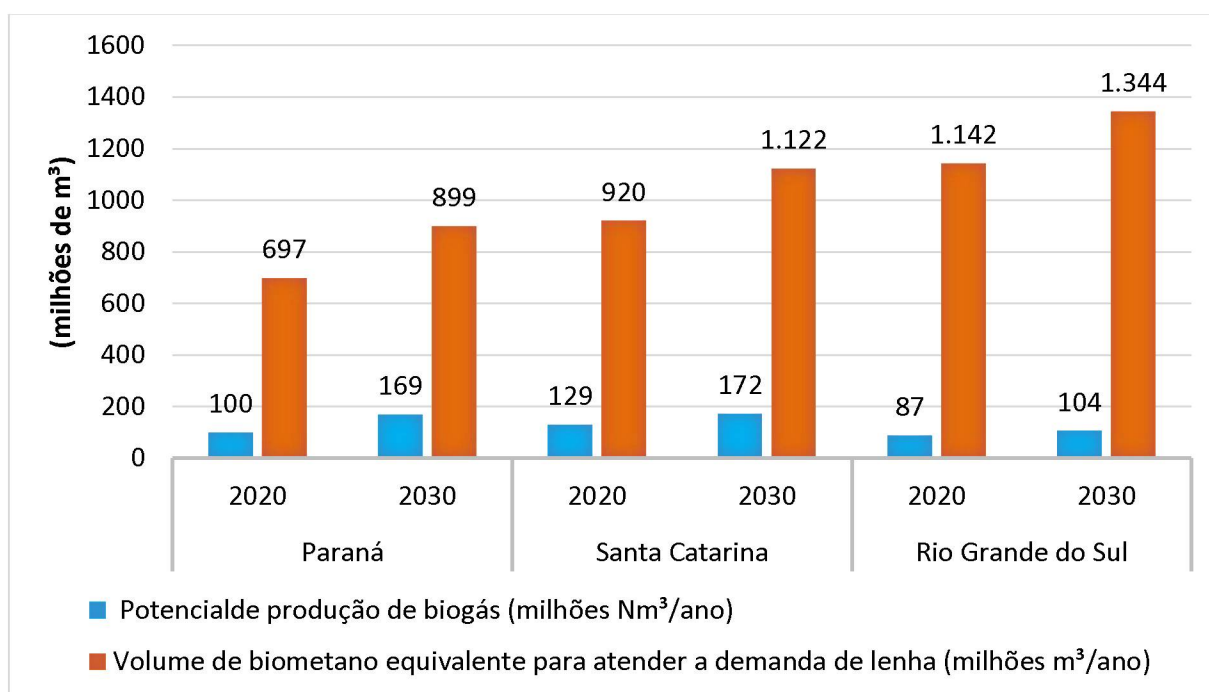
Em termos ambientais, os benefícios da aplicação do biogás como combustível substituto à lenha em caldeiras são significativos, desde a melhoria da

qualidade do ar e consequentemente da saúde humana, até a diminuição do consumo de recursos naturais como a madeira e as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), provenientes da combustão da lenha nas caldeiras.

Conforme Souza et al. (2015), o impacto ambiental causado por uma caldeira à lenha é aproximadamente doze vezes maior quando comparado aos impactos ambientais relacionados a uma caldeira a biogás (SOUZA et al., 2015).

Por outro lado, sob o ponto de vista econômico, a aplicação do biogás para substituição à lenha em caldeiras, não demonstrou ser viável, considerando que o potencial de geração de biogás estimado para 2030 é apenas 12% do volume de biogás (68% metano) estimado para atender a demanda energética nas caldeiras, conforme apresentado na FIGURA 30.

FIGURA 30 - POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS x VOLUME ESTIMADO DE BIOGÁS EQUIVALENTE PARA ATENDER A DEMANDA ENERGÉTICA NAS CALDEIRAS



FONTE: O autor (2020).

O custo estimado com a geração de biogás equivalente é cerca de sete vezes maior do que o custo projetado com lenha nas caldeiras. O que permite validar, o que foi afirmado por Varho et al. (2019), o alto valor de investimento e a consequente falta de lucritividade desse tipo de tecnologia, são barreiras limitantes para o aumento da utilização do biogás como fonte de energia alternativa no Brasil, como mostra a TABELA 16 e FIGURA 31.

TABELA 16 – CUSTO EVITADO COM LENHA – 2020 A 2030

	Ano	*(cL) Custo com lenha (bilhões US\$/ano)	*(Cvb) Custo com a geração de biogás (bilhões US\$/ano)	(CEV) Custo Evitado (bilhões US\$/ano)
Brasil	2020	\$65,71	\$472,79	-\$407,08
	2021	\$70,24	\$521,84	-\$451,60
	2022	\$75,08	\$575,98	-\$500,89
	2023	\$80,26	\$635,73	-\$555,47
	2024	\$85,79	\$701,69	-\$615,90
	2025	\$91,71	\$774,49	-\$682,78
	2026	\$98,03	\$854,84	-\$756,81
	2027	\$104,79	\$943,53	-\$838,74
	2028	\$112,01	\$1.041,42	-\$929,40
	2029	\$119,74	\$1.149,46	-\$1.029,73
	2030	\$127,99	\$1.268,72	-\$1.140,73
Fórmula de cálculo		$cL = pL \cdot V_{lenha}$	$Cvb = Vb \cdot Cb$	$CEV(lenha) = cL - Cvb$

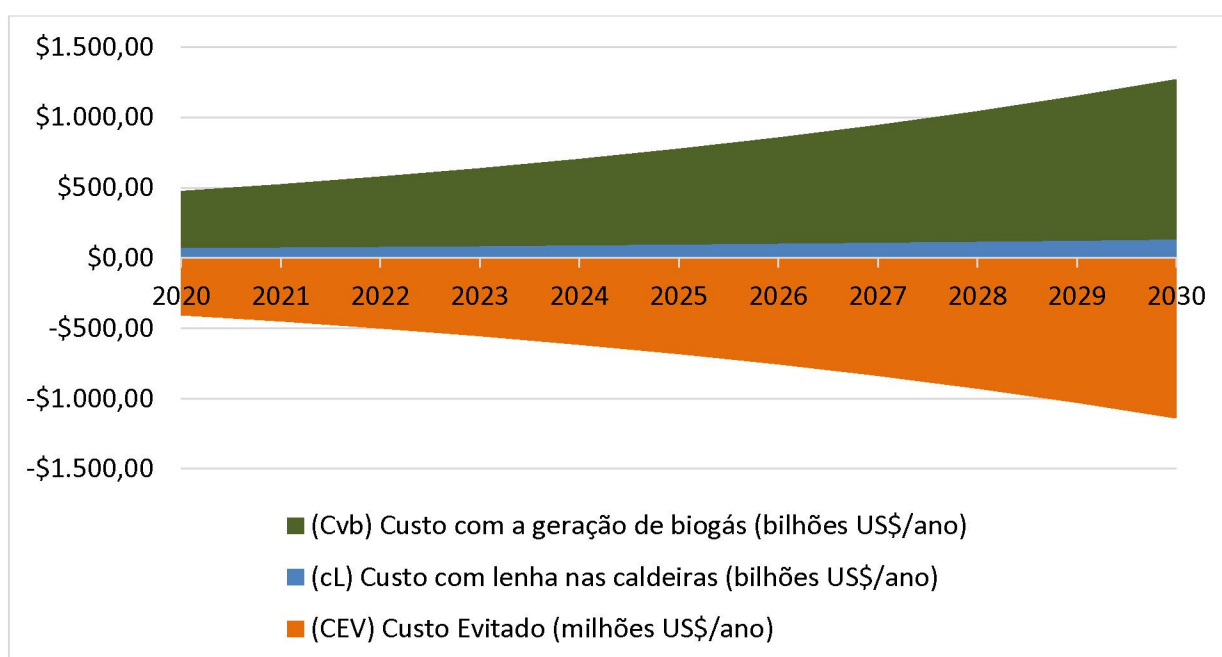
pL = Preço médio da lenha no Brasil: US\$9,29/m³ (USA, 2019); Cb = Custo na geração de biogás em dólar americano: 0,20 US\$/m³ (WEGENER (2021);

Atualização monetária da tarifa de energia elétrica para os próximos 10 anos: 6,56% ao ano – IGP-M, média 2010 – 2020 (FGV, 2020);

Memorial de cálculo – Apêndice H e I

FONTE: O autor (2020)

FIGURA 31 - CUSTO EVITADO COM A APLICAÇÃO DO BIOGÁS COMO COMBUSTÍVEL SUBSTITUTO A LENHA NAS CALDEIRAS



FONTE: O autor (2020).

É importante destacar que legislações mais restritas podem alterar este cenário, fazendo com que a madeira in natura oriunda de florestas plantadas, tais como a lenha e a madeira para produção de cavacos utilizados em caldeiras industriais, tenha seu preço elevado, incentivando a substituição por combustíveis renováveis.

No entanto, a pesquisa “Os Mercados de Produtos Florestais no Brasil”, realizada pelo Centro de Pesquisas Econômicas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (CEPEA-Esalq), apontou que o preço da lenha, tem sido reduzido ao longo dos anos, quando comparado a outros combustíveis como o gás natural, principalmente nas regiões mais próximas a produção da madeira, como no estado São Paulo, onde os preços estão ao longo dos últimos anos (2016 e 2017), inferiores aos praticados em alguns estados brasileiros, como o Nordeste (BACHA, 2017).

4.6 COMPARATIVO DO INCREMENTO ECÔNOMICO PARA O SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL DAS APLICAÇÕES DO BIOGÁS – HORIZONTE DE ANÁLISE 2030

A análise do potencial de economia, por meio da estimativa do custo evitado com as fontes tradicionais de energia, em comparação ao custo de produção, operação e manutenção do biogás equivalente, apontou uma perspectiva positiva para os próximos dez anos (2020 a 2030), em três das quatro aplicações analisadas, como mostra TABELA 17.

TABELA 17 - COMPARATIVO DO INCREMENTO ECONÔMICO DAS APLICAÇÕES DO BIOGÁS

	Custo Evitado com Energia Elétrica (milhões US\$/ano)	Custo Evitado com GLP na chamuscagem de suínos (milhões US\$/ano)	Custo Evitado com insensibilização elétrica (milhões US\$/ano)	Custo Evitado com lenha nas caldeiras (bilhões US\$/ano)
Brasil	\$4.858,34	\$152,39	\$37,85	-\$7.909,12
Paraná	\$901,96	\$34,24	\$8,51	-\$1.778,40
Santa Catarina	\$1.110,60	\$42,16	\$10,47	-\$2.188,57
Rio Grande do Sul	\$649,97	\$24,68	\$6,13	-\$1.279,83

FONTE: Elaborado pelo autor (2020)

Devido ao baixo preço da lenha no Brasil, em comparação aos altos custos para produção, operação e manutenção de unidades geradoras de biogás, pode-se

afirmar que a substituição da lenha por biogás nas caldeiras não é viável economicamente para as empresas do setor de abate de suínos.

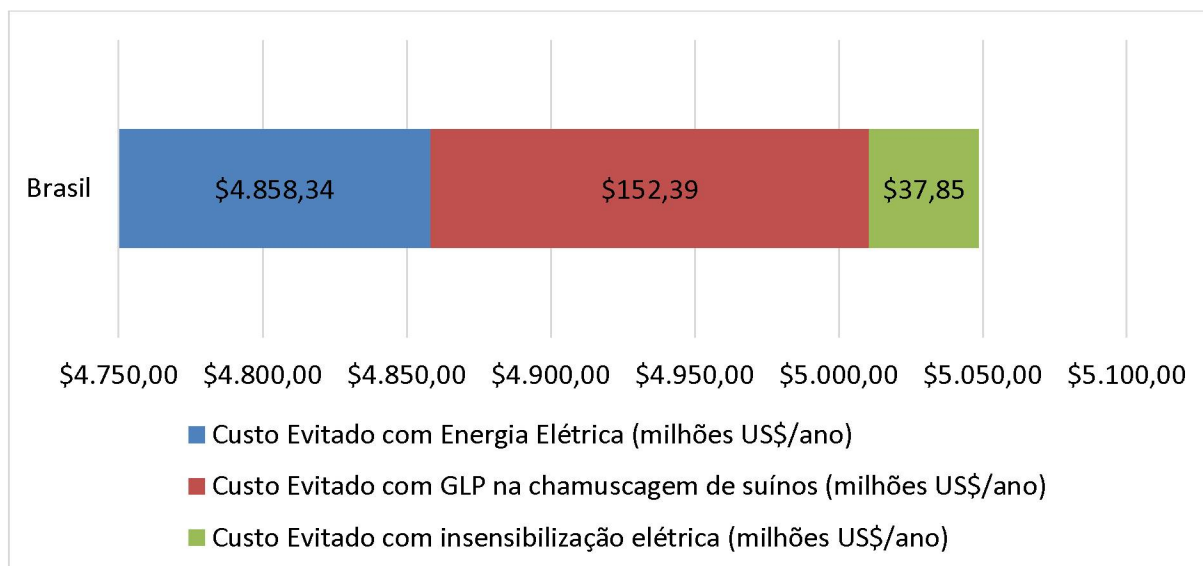
Por outro lado, em termos ambientais, a substituição da lenha por biogás nas caldeiras, contribui significativamente para a diminuição do consumo de recursos naturais como a madeira e as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) provenientes da combustão da lenha nas caldeiras, bem como para a melhoria da qualidade do ar e consequentemente da saúde humana.

O incremento econômico acumulado (2020 a 2030) para o setor a nível nacional, por meio da aplicação do biogás para geração de energia elétrica, é resultante da substituição da insensibilização elétrica pelo método alternativo da insensibilização gasosa, com economia estimada em US\$37 milhões.

O potencial de economia da aplicação do biogás para substituição do GLP no processo de chamuscagem, é estimado em \$152 milhões, equivalente a cerca de 3% da economia estimada para o setor por meio da geração de energia elétrica.

A FIGURA 32 apresenta o custo evitado para o setor de abate de suínos nos próximos dez anos (2020 a 2030), considerando as aplicações do biogás.

FIGURA 32 – CUSTO EVITADO PARA O SETOR POR MEIO DA APLICAÇÃO DO BIOGÁS



FONTE: O autor (2020).

Quando analisadas as estimativas dos custos evitados com a aplicação do biogás para geração de energia elétrica, bem como para substituição do GLP utilizado no processo de chamuscagem, o uso econômico do biogás é estimado em US\$5 bilhões de redução de custos para o setor nos próximos dez anos (2020 a 2030).

Contudo, conforme Quadros et al. (2016), o resultado apresentado do incremento econômico para o setor, dependerá de políticas públicas capazes de eliminar barreiras existentes atualmente como o alto custo das tecnologias disponíveis no país.

A falta de políticas públicas para investimentos em novas tecnologias como o biogás não é uma barreira enfrentada somente pelo Brasil. Até mesmo em países como a Finlândia, a falta de subsídios que incentivem o uso do biogás tem impedido o avanço da sua utilização por empresas no país (VARHO; WINQUIST; RIKKONEN, 2019).

A Associação Brasileira de Biogás – Abiogás (2015) e a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM/MG (2015), concordam em afirmar que a dificuldade de crescimento da produção de biogás no Brasil, pode ser atribuída ao baixo nível tecnológico adotado nas usinas de biogás e barreiras econômicas, devido à necessidade de investimentos diante da falta de assertividade quanto à rentabilidade efetiva destas instalações.

4.7 CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Durante a apresentação dos resultados, verificou-se um predomínio entre os autores citados quanto aos principais desafios para o uso econômico do biogás pelo setor de abate de suínos brasileiro, são eles: o nível de investimento em novas tecnologias e a efetividade de políticas públicas, como apresentado na Tabela 18.

TABELA 18 – FATORES DE SUCESSO PARA O USO ECONÔMICO DO BIOGÁS

PRINCIPAIS FATORES DE SUCESSO PARA O USO ECONÔMICO DO BIOGÁS NO BRASIL	AUTORES
<i>Nível de investimento em novas tecnologias</i>	Teixeira e Vianna (2013); Amaral e Guimarães (2017); Gato et. Al. (2019); Varho et al. (2019); Giwa et al. (2020).
<i>Efetividade de políticas públicas</i>	Varho et al. (2019); Silva, M. e Silva, R. (2020); Giwa et al. (2020).

FONTE: O autor (2020)

Compreendendo que tais fatores representam a conjuntura da economia brasileira na próxima década, foram construídos dois cenários econômicos alternativos, a fim de maximizar o aproveitamento das oportunidades futuras e o gerenciamento dos riscos no processo de expansão do uso econômico do biogás em território nacional.

Diante da complexidade de elaborar um cenário econômico global, foram adotadas premissas e projeções de PIB e comércio mundial dos estudos da PwC (2017), da OCDE (2018) e Exxon (2019), considerando a taxa de crescimento adotada em ambos os cenários igual a expectativa de crescimento do setor industrial brasileiro.

Além dos fatores já mencionados, ainda há um fator determinante para o crescimento da economia brasileira, a incerteza sobre a duração da pandemia da COVID-19 e o consequente nível de impacto na economia.

Assim como observado na primeira metade da década de 2010, quando se deu o retorno do crescimento da economia brasileira, após anos de queda, advindos da crise de 2008, serão consideradas como elemento chave para o crescimento econômico dos próximos anos, as novas medidas políticas adotadas para recuperação econômica no pós-crise.

As perspectivas de crescimento do setor de carne suína no Brasil, apresentadas anteriormente no item 4.2 deste trabalho – taxa de crescimento de 3,58% ao ano, nos próximos 10 anos (2020 a 2030) – são consideradas como cenário referência na comparação com os cenários alternativos apresentados a seguir.

4.7.1 Cenário pessimista

No cenário pessimista adotou-se a premissa que, devido ao alto nível de incerteza causada pela pandemia da Covid-19 os investidores tendem a estar menos propensos a realizar investimentos, sobretudo aqueles com maior risco. Neste cenário, estima-se que, o nível de investimento atinja, no máximo, o patamar de cerca de 18% do PIB.

No que diz respeito a duração da pandemia da COVID-19 e seus efeitos na economia, adota-se no cenário pessimista a premissa de que pandemia da COVID-19 tem duração maior do que o esperado, onde a recuperação econômica ocorre na forma de “W”.

No curto prazo, este cenário é marcado por um ambiente de incerteza, com uma taxa de desemprego mais elevada e uma compressão intensa da renda das famílias, limitando a recuperação da demanda interna, com efeitos negativos sobre a atividade industrial. Por esse motivo, a expectativa média de crescimento do setor é de 1,7% a.a. entre 2021 e 2030.

No médio e longo prazo, com a demanda interna mais enfraquecida e os níveis mais baixos de consumo e investimento reduzem o dinamismo da economia, levando a um crescimento mais baixo, em especial na indústria.

Em termos da efetividade política, o cenário pessimista é marcado por uma dificuldade na implementação das políticas públicas e na aprovação de reformas, elevando ainda mais as dívidas públicas, com uma recuperação mais lenta dos anos.

4.7.2 Cenário otimista

Neste cenário, adota-se uma duração média da pandemia da COVID-19, o que reduz os impactos econômicos no país, permitindo fortes avanços no setor industrial, com melhoria do ambiente de negócios, e recuperação mais intensa da confiança dos investidores no curto prazo.

O menor nível de incerteza faz com que haja uma rápida recuperação da demanda interna já no curto prazo. Neste cenário adota-se que os investimentos crescem a taxas significativas ao longo da próxima década (2020 a 2030), chegando ao nível de aproximadamente 22% do PIB.

Setores ligados à exportação, tais como o setor de abate de suínos, são fortemente favorecidos, e deverão apresentar bom desempenho em todo o horizonte, tanto pelas perspectivas positivas para a demanda interna quanto externa. Com avanços importantes na redução de custos logísticos e infraestrutura, espera-se que a indústria cresça a uma taxa média de 4,0% a.a.

Considerando a indústria como o maior consumidor de energia em território nacional, e os esforços crescentes do setor quanto aos investimentos em novas tecnologias, adota-se que o nível de investimento em energias renováveis será crescente na próxima década.

Quanto ao cenário político interno, a efetividade das políticas públicas em reduzir os impactos da crise, bem como a conjuntura econômica, favorece a implementação efetivas de políticas públicas e aprovação de reformas no curto prazo.

Na Tabela 19 são apresentadas as principais diferenças adotadas entre os dois cenários alternativos.

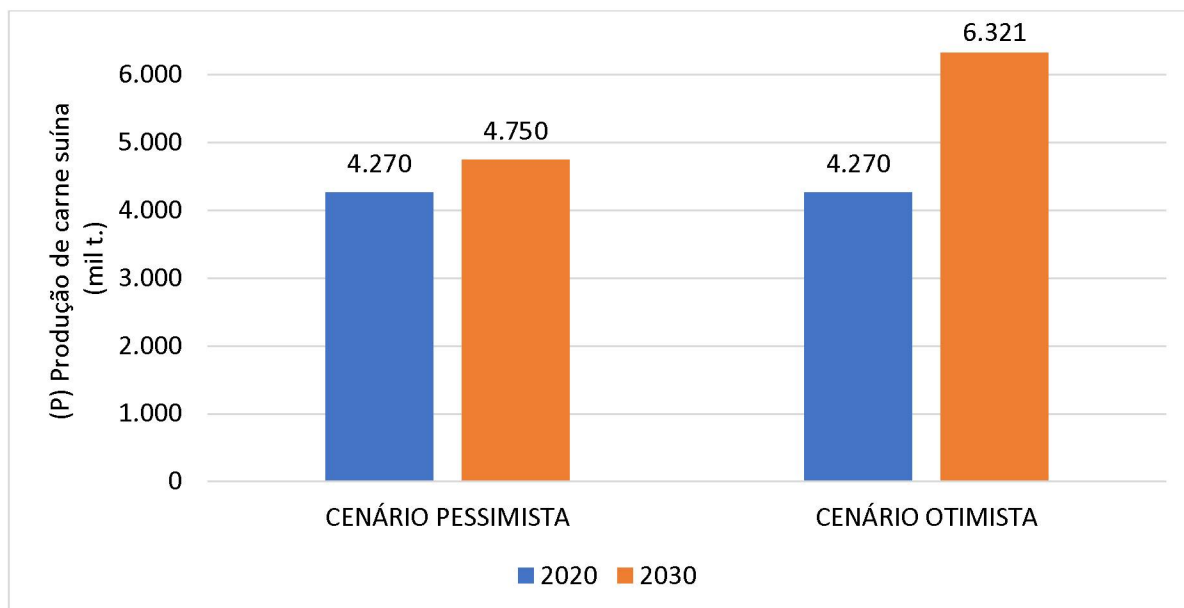
TABELA 19 - PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE OS DOIS CENÁRIOS ALTERNATIVOS

PONTOS CRÍTICOS	CENÁRIO PESSIMISTA	CENÁRIO OTIMISTA
Duração da pandemia da COVID-19 e impacto na economia	Duração maior do que o esperado (“segunda onda”), com retomada da economia em “W”	Duração média, com retomada acelerada da economia, crescimento da economia em “V”
Nível de investimento em novas tecnologias	Maior nível de incerteza, retomada da economia lenta, investimentos no patamar máximo de 18% do PIB	Os investimentos crescentes, cerca de 22% do PIB.
Efetividade de políticas públicas e aprovação de reformas	Dificuldade na implementação das políticas públicas e na aprovação de reformas	Implementação efetivas de políticas públicas e aprovação de reformas no curto prazo
Expectativa de crescimento do setor industrial (2020 a 2030)	1,7% a.a.	4,0% a.a.

FONTE: Adaptado de PwC (2017), OCDE (2018) e Exxon (2019)

Portanto, considerando a expectativa de crescimento do setor industrial nos próximos dez anos (2020 a 2030), são apresentados a seguir na FIGURA 33 os dois cenários alternativos para a produção de carne suína nacional, com a diferença de 1.571 mil toneladas da proteína entre os cenários, praticamente a produção estimada para o estado de Santa Catarina em 2030 no cenário referência, conforme item 4.2 deste trabalho.

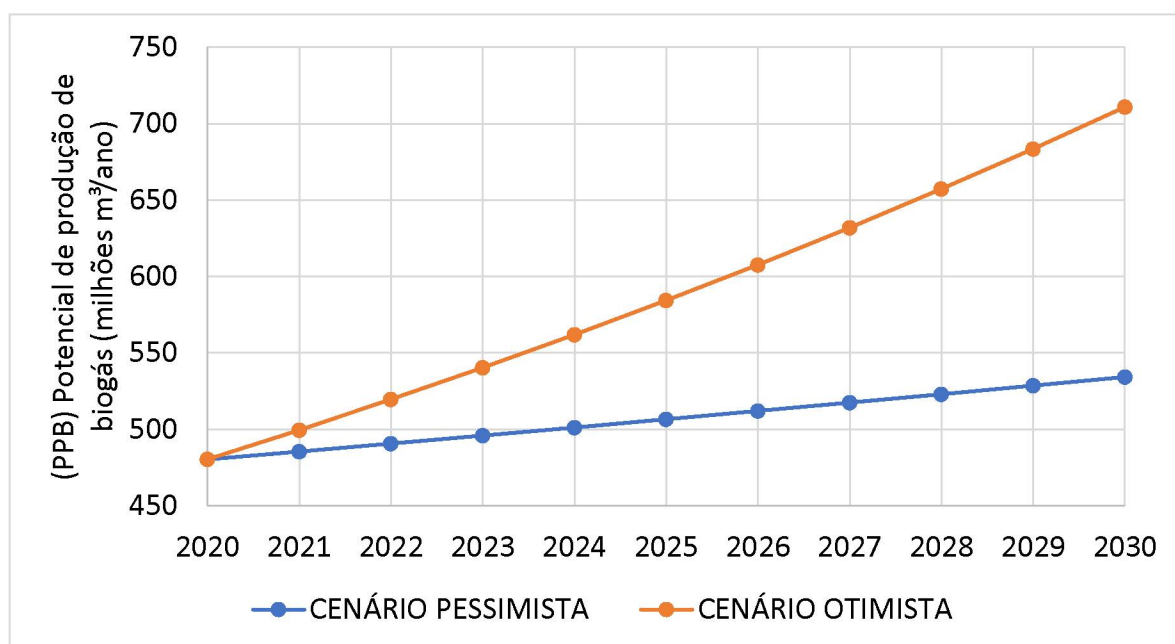
FIGURA 33 - CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA O PONTENCIAL DE PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NO BRASIL



FONTE: O autor (2020)

Quando comparado o potencial de produção de biogás entre o cenário pessimista e o cenário otimista, com diferença de 177 milhões de m³ de biogás entre os mesmos,

FIGURA 34 - CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA O PONTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM ABATEDOURO DE SUÍNOS EM TERRITÓRIA NACIONAL.



FONTE: O autor (2020)

Considerando as taxas de crescimento para o setor industrial brasileiro, adotadas nas projeções da PwC (2017), da OCDE (2018) e Exxon (2019), de 1,7% ao ano – cenário pessimista – e 4% ao ano – cenário otimista, pode-se afirmar:

- A taxa de crescimento da produção de carne suína no estado do Paraná (5,38%), obtida por meio da média histórica dos últimos 10 anos, é superior as projeções de crescimento do setor industrial para o mesmo período no cenário otimista.
- A taxa de crescimento da produção de carne suína no estado do Rio Grande do Sul (1,80%), obtida por meio da média histórica dos últimos 10 anos é praticamente igual as projeções do crescimento do setor industrial para o mesmo período no cenário pessimista.
- A taxa de crescimento da produção de carne suína no estado de Santa Catarina (2,86%), obtida por meio da média histórica dos últimos 10 anos, é praticamente igual a média das projeções do crescimento do setor industrial para o mesmo período, entre os cenários otimista e pessimista.

Considerando os pontos críticos para o crescimento do setor industrial apresentados anteriormente, bem como a análise do comparativo entre os cenários alternativos apresentado, compreende-se a importância do cenário político-econômico brasileiro dos próximos anos para a consolidação do uso econômico do biogás por essas empresas.

5 CONCLUSÃO

Considerando os dados históricos da produção de carne suína no Brasil e as perspectivas de crescimento para o setor de 3,58% ao ano, estima-se que o Brasil será capaz de produzir cerca de 6 milhões de toneladas de carne suína no ano de 2030.

Levando em conta o panorama atual do setor, essa produção dependerá significativamente dos estados do sul do país, os quais estima-se que produzirão juntos cerca de 3,9 milhões de toneladas no ano de 2030, equivalente a 67% da produção de carne suína em todo o território nacional.

É importante destacar as estimativas de crescimento apresentadas para o estado do Paraná, de 5,38% ao ano, que poderá igualar a produção de Santa Catarina no ano de 2030, com cerca de 1,5 milhões de toneladas por ano. No entanto, as estimativas de crescimento para o estado do Rio Grande do Sul, não foram muito significativas, com apenas 1,8% ao ano.

Considerando as estimativas de crescimento para o setor de carne suína no Brasil, estima-se que essas empresas poderão produzir cerca de 682 milhões de m³ no ano de 2030, cerca de 4,8 vezes mais o volume de biogás gerado em todo o território nacional no ano de 2019.

O volume acumulado estimado para o período de dez anos (2020 a 2030) foi 6,3 bilhões Nm³. Isso representa cerca de 43% do biogás gerado em todo o território nacional no ano de 2019.

O potencial de produção de biogás proveniente dos resíduos de abatedouro de suínos no ano de 2030 demonstrou ser capaz de suprir simultaneamente a demanda de energia elétrica e consumo de GLP nessas industriais, equivalente a 363 milhões de m³ e 19 milhões de m³, respectivamente.

Porém, o potencial estimado de produção de biogás não foi suficiente para suprir a demanda energética equivalente a lenha utilizadas nas caldeiras. Considerando a estimativa de que apenas as industriais de abate de suíno no país consumirão cerca de 9,4 bilhões de m³ de lenha (eucalipto) no ano de 2030, o potencial de produção de biogás calculado é capaz de suprir apenas 12% do volume de biogás (68% metano) equivalente a demanda energética nas caldeiras.

Por outro lado, em termos ambientais, dentre as aplicações do biogás na indústria de abate de suínos como fonte de energia limpa, a substituição da lenha em caldeiras foi considerada a mais representativa, na medida em que contribui

diretamente para a melhoria da qualidade do ar e consequentemente da saúde humana, bem como para a diminuição do consumo de recursos naturais como a madeira e as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) provenientes da combustão da lenha nas caldeiras.

É importante destacar que o custo estimado de de US\$51 bilhões com a instalação de novos biodigestores anaeróbicos (sistemas de produção, armazenamento de biogás e sistemas de produção combinada de calor e eletricidade), necessários para atender ao potencial de produção de biogás até o ano de 2030, é cerca de 10 vezes maior que o custo evitado com as aplicações do biogás na indústria de abate de suínos, de aproximadamente US\$5 bilhões.

Considerando as perspectivas positivas apresentadas para o setor de abate de suínos brasileiro, com destaque principalmente para a região Sul do país, é possível afirmar que existem grandes oportunidades em termos ambientais e econômicos para as empresas desse segmento, a fim de agregar valor a imagem da organização, com a redução de seus impactos ambientais, bem como a redução de custos.

De fato existe um grande potencial de geração de biogás a partir de resíduos de abatedouro de suínos, capaz de reduzir os impactos ambientais associados as fontes de energia tradicionais, tais como energia elétrica e o GLP, e, ainda, reduzir os custos nessas industriais.

Contudo a falta de lucritividade, devido aos altos custos de implantação desse tipo de tecnologia, são barreiras limitantes para o aumento da utilização do biogás como fonte de energia alternativa no Brasil.

Para superar essas barreiras é fundamental a efetividade de políticas públicas para o investimento em novas tecnologias, o que contribui diretamente para a redução dos altos custos envolvidos na implantação, operação e manutenção das usinas de biogás.

Fica evidente a importancia dos fatores de sucesso para o uso econômico do biogás, quando analisado a diferença do potencial de produção de biogás, entre cenários alternativos, de aproximadamente 177 milhões de m³ de biogás, equivalente a mais da metade do volume de biogás gerado pelos abatedouros de suínos do sul país em 2020.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

É válido destacar, como proposta para trabalhos futuros, que o incremento econômico para variar, considerando outras aplicações do biogás e seus subprodutos, tais como; o uso da água quente (90°) e vapor saturado proveniente do sistema de cogeração, os quais podem ser aplicados nos processos industriais; o uso da energia elétrica para abastecimento de veículo elétrico, a aplicação do biometano como substituto ao GNV e a obtenção de créditos de carbono (Certificados de Redução de Emissões), por meio do aproveitamento do gás metano (CH₄).

Como propostas para trabalhos futuros, recomenda-se um estudo detalhado dos custos envolvidos no tratamento do biogás, de acordo com cada aplicação, afim de eliminar os componentes indesejados do biogás, visando o prolongamento da vida útil dos equipamentos envolvidos no aproveitamento energético do biogás.

É importante também que na construção do cenário não foram considerados eventos esporádicos que poderão influenciar o padrão de crescimento do setor nos próximos anos.

Nesse sentido, sugere-se para trabalhos futuros a utilização de técnicas de amortização dos dados, a fim de corrigir a diferença entre os dados estatísticos e o “mundo real”, com suas imprevisibilidades.

REFERÊNCIAS

- ABUNDE, F.; ASIEDU, Y.; ADDO, A.; MORKEN, J.; ØSTERHUS, W.; SEIDU, R. A coupled modeling of design and investment parameters for optimal operation of methane bioreactors: Attainable region concept approach. **Renewable Energy**. Volume 148, p. 1054-1064, 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Geração Distribuída - Regulamentação atual e processo de revisão**. Agência Nacional de Energia Elétrica. p. 27, 2019.
- ANDRÉS, M. et al. Assessment methodology for urban excess heat recovery solutions in energy-efficient District Heating Networks. **Energy Procedia**, v. 149, p. 39–48, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CARNE SUÍNA (ABCS). **Bem-estar animal na produção de suínos**. Sebrae, 2016
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO BIOGÁS (ABIOGAS). Biogás representa a nova revolução no setor de bioenergia. Disponível em: <https://abiogas.org.br/biogas-representa-a-nova-revolucao-no-setor-de-bioenergia/> . Acesso em: 17 out. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO BIOGÁS (ABIOGAS). **Proposta de Programa Nacional do Biogás e do Biometano**. São Paulo: ABiogas, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **A proteína animal brasileira em 2018: Desafios e Perspectivas**, p. 37, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual**. p. 160, 2020.
- AVELLAR, L. H. N. **A valorização dos subprodutos agroindustriais visando a cogeração e a redução da poluição ambiental**. 2001, 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2001.
- BACHA, C. J. C. **Os Mercados de Produtos Florestais no Brasil**. Piracicaba, 2017. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opinioao-cepea/os-mercados-de-produtos-florestais-no-brasil.aspx>>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). Rio de Janeiro: Editora BNDES, 2017. **Panoramas setoriais 2030: desafios e oportunidades para o Brasil**.
- BLASIUS, J. P. et al. Effects of temperature , proportion and organic loading rate on the performance of anaerobic digestion of food waste. **Biotechnology Reports**, v. 27, p. 503, 2020.
- BRASIL, Conselho Estadual de Meio Ambiente **Resolução CEMA nº 81 de 19/10/2010**. Dispõe sobre Critérios e Padrões de ecotoxicidade para o Controle de Efluentes Líquidos lançados em águas superficiais no Estado do Paraná. Disponível em: <www.legisweb.com.br/legislacao>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- BRASIL, Ministério da Agricultura – MAPA. Instrução Normativa SDA - 3, de 17/01/2000, Brasília, 2000. Disponível em: <

<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-3-de-17-01-2000,661.html>>. Acesso em 28 nov. 2019.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**: Projeções. p. 372, 2007. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em jun. 2020.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível– ANP. Superintendência de Defesa da Concorrência (SDC). **Evolução dos preços de GLP (R\$ / botijão de 13 kg)**. 2020.

BRASIL. Banco Central do Brasil. **Estimativa de crescimento da economia**. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-09/projecao-do-bc-para-queda-do-pib-passa-de-64-para-5>>. Acesso em: 16 out. 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2017**. Brasília, 2017. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2017>>. Acesso em 18 nov. 2019.

CABRERA, A; SANTOS, E.; COMAS, J.; MARTÍN, M. J. Biogas purification through membrane bioreactors: Experimental study on siloxane separation and biodegradation. **Separation and Purification Technology**. V. 238, 2020.

CARNETEC BRASIL. Disponível em: <<https://www.carnetec.com.br/>>. Acesso em: 22 out. 2020.

CARRASCAL V., J. C. et al. Animal welfare evaluation at slaughterhouses for pigs at the “Eje Cafetero” region in Colombia. **Meat Science**, v. 172, n. September 2020, p. 108337, 2021.

CHEN, W. et al. **Progress in biomass torrefaction: Principles, applications and challenges**. v. 82, 2021.

COELHO, S. T. et al. **Tecnologias de Produção e Uso de Biogás e Biometano** (Instituto de Energia e Meio Ambiente da Universidade de São Paulo, Ed.) São Paulo, 2018.

COLUNA, N. M. E. **Análise Do Potencial Energético Dos Resíduos Provenientes Da Cadeia Agroindustrial Da Proteína Animal No Estado De São Paulo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 03, de 18 de junho de 1990**. Estabelecer a seguinte classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>> Acesso em 16 de maio de 2020.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986**. Estabelecer a seguinte classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>> Acesso em 16 de maio de 2020.

DEUBLEIN, D. AND STEINHAUSER, A. **Biogas from Waste and renewable Resources An Introduction**. Weinheim, Alemanha.

DIPOA. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/arquivos-publicacoes-dipoa>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A suinocultura brasileira em 2011 e perspectivas para o próximo ano**. Disponível em: <https://www.suinoculturaindustrial.com.br/imprensa/a-suinocultura-brasileira-em-2011-e-perspectivas-para-o-proximo-ano/20120113-082606-f015> > Acesso em: 10 dez. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Visão 2030 - o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF, p. 212, 2018.

Cenários econômicos para os próximos 10 anos. Ministério de Minas e Energia. p. 1–24, 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Cenários de oferta de etanol e demanda ciclo Otto 2021 – 2030**. Rio de Janeiro: EPE, 2020. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 19 fev. 2021

EXXON. **Outlook for energy: a perspective to 2040**. 2019.

FEAM/MG. **Guia Técnico Ambiental de Biogás na Agroindústria**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ), 2015.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ (FIEP). **Oportunidades da cadeia produtiva de para o estado do Paraná**. 2017. Disponível em: <<https://www.sistemafiep.org.br/relacoes-internacionais/oportunidades-da-cadeia-produtiva-de-biogas-para-o-estado-do-parana-1-29982-336090.shtml>>. Acesso em: 03 out. 2020.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). Índices e Indicadores. Disponível em: <<https://www.indiceseindicadores.com.br/igp-m/>>. Acesso em: 12 set. 2020

FRICON REFRIGERAÇÃO E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS (FRICON). Disponível em: <<http://www.fricon.com.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

GALBIATTI, J. A. et al. Estudo qualiquantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 432–437, 2010.

GARCIA, B. B. et al. **Heliyon Photocatalytic degradation of swine wastewater on aqueous TiO₂ suspensions: optimization and modeling via Box-Behnken design**. Heliyon, v. 6, n. January, p. 3293, 2020.

GATO, I. C. et al. **Economic Evaluation of the Feasibility When Installing a Biogas Plant for Treatment of Slaughterhouse Wastewater**. p. 2–5, 2019.

GIANNOUKOS, S.; TARIK, M.; LUDWIG, C.; BIOLLAZ, S.; SLOWIK, J.; ALTENSPERGER, U.; STEPHAN, A.; PREVOT, H. Detection of trace metals in biogas using extractive electrospray ionization high-resolution mass spectrometry. **Renewable Energy**. 2021

GIODA, A. **Comparação dos níveis de poluentes emitidos pelos diferentes combustíveis utilizados para cocção e sua influência no aquecimento global.** v. 41, n. 8, p. 839–848, 2018.

GIWA, A. S.; ALI, N.; AHMAD, I.; ASIF, M.; GUO, R.; LI, F.; LU, M. Prospects of China's biogas: Fundamentals, challenges and considerations. **Energy Reports**.

GÜNTHER, B. et al. **Calorific value of selected wood species and wood products.** p. 4–7, 2012.

HAGOS, K. et al. Anaerobic co-digestion process for biogas production: Progress, challenges and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 76, p. 1485–1496, 2017.

HAMZEHKOLAEI, F. T.; AMJADY, N. A techno-economic assessment for replacement of conventional fossil fuel based technologies in animal farms with biogas fueled CHP units. **Renewable Energy**. Volume 118, 2018.

HASAN, C.; KONRAD, O. Evaluation of the Biogas Production Potential From Beer Manufacture Residues. In: Congreso Interamericano de Cambio Climático, 3., 2018. Argentina. **Anais...Argentina**, 2018.

HOLLIGER, C.; ALVES, M.; ANDRADE, D. et al. Towards a standardization of biomethane potential tests. **Water Science & Technology**. Suíça, 2016.

HORA, A. DA; NADER, L.; MENDES, R. Papel e Celulose. **Visão 2035: Brasil, país desenvolvido**. Agendas setoriais para alcance da meta, p. 119–142, 2018. Disponível em:

<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16040/3/PRLiv214078_Visao_2035_compl_P.pdf>. Acesso em 30 jun. 2020.

ICAVI. Indústria de Caldeiras Vale do Itajaí S.A. Disponível em: <<https://www.icavi.ind.br>>. Acesso em: 17 out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php>>. Acesso em: 22 set. 2020.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (IEDI). I. DE E. PARA O D. I. **A Indústria Do Futuro No Brasil E No Mundo**. n. M, p. 622, 2019.

INSTITUTO TENCOLÓGICO DINAMARQUES (ITD). **Animal slaughter welfare**. Stunning before slaughter. Disponível em: < <https://www.dti.dk/specialists/stunning-before-slaughter/37375>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

IOANNOU-TTOFA, L. et al. Life cycle assessment of household biogas production in Egypt: Influence of digester volume, biogas leakages, and digestate valorization as biofertilizer. **Journal of Cleaner Production**, v. 286, p. 125468, 2021.

JESUS, L. S. DE; GARCIA, R. A. **Proposta de indicador chave de performance cost avoidance no processo de compras: planejamento e custo total de aquisição.** 2016.

KONRAD, O. et al. **Manual Básico do Biogás**. 1 ed. Lajeado: Editora Univates, p. 69, 2014.

KREIDENWEIS, U. et al. Greenhouse gas emissions from broiler manure treatment options are lowest in well-managed biogas production. **Journal of Cleaner Production**, v. 280, p. 124, 2020.

LA FARGE, L. B. DE. **Le biogaz. Procédés de fermentation méthanique**. Elsevier-M ed. Ingénierie de l'environnement, 1997.

LAUER, M.; LEPRICH, U.; THRÄN, D. Economic assessment of flexible power generation from biogas plants in Germany's future electricity system. **Renewable Energy**, v. 146, p. 1471–1485, 1 fev. 2020.

LAUREN, E. **Stunning at slaughter**: is your hard work going to waste? 2018.

LAW, C. K. **Combustion Physics**. New Jersey: Princeton University, New Jersey, 2010.

LEAL, L.; MACHADO, N. **Aspectos técnicos relacionados à geração de energia elétrica a partir do lodo de esgoto**. 2011.

LEEuwEN, L. B. VAN; CAPPON, H. J.; KEESMAN, K. J. Biomass and Bioenergy Urban bio-waste as a flexible source of electricity in a fully renewable energy system. **Biomass and Bioenergy** v. 145, n. July 2020, 2021.

LEME, R. M., SEABRA, J. E. A. Technical-economic assessment of different biogas upgrading routes from vinasse anaerobic digestion in the Brazilian bioethanol industry. **Energy**, v. Volume 119, p. 766, 2017.

LINS, L. P.; MITO, J. Y. L.; FERNANDES, D. M. composição média do biogás de diferentes tipos de biomassa. In: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, 4., mai. 2015, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: p. 5–8, 2015.

LOBATO, L. D. S. **Aproveitamento energético de biogás gerado em reatores UASB tratando esgoto doméstico**. 2011. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MACHADO, N. S.; DA SILVA, J.N.; OLIVEIRA, M. V. M.; COSTA, J. M.; BORGES, A.C. Remoção do sulfeto de hidrogênio do biogás da fermentação anaeróbia de dejetos de suínos utilizando óxido de ferro, hidróxido de cálcio e carvão vegetal. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 30, n.4, p.344-356, 2015.

MACIEL, F. J. **Geração de Biogás e Energia em Aterro Experimental de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2009. 333 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2009.

MARCON, A. V. CALDARA, et al. Pork quality after electrical or carbon dioxide stunning at slaughter. **Meat Science**, v. vol: 156, p. pp: 93-97, 2019.

MARIANI, L. Biogás: diagnóstico e propostas de ações para incentivar seu uso no Brasil Biogás: diagnóstico e propostas de ações para incentivar seu uso no Brasil. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Setor de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Campinas, 2018.

MARQUES, R. V. et al. Staphylococcus xylosus fermentation of pork fatty waste: raw material for biodiesel production. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 3, p. 675–679, 2016.

MARTINS, R. A; YAGASAKI, A. C. **Sustentabilidade como uma estratégia empresarial**, Bento Gonçalves, 2012.

MILANEZ, A. Y. et al. **Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas**. Rio de Janeiro: Editora BNDES, 2018, v. 47, p. 221–276, 2018.

NASPO, National Association Of State Procurement Officials. **Benchmarking Cost Savings & Cost Avoidance**. NASPO Benchmarking Workgroup, n. September, p. 1–41, 2007.

NINDHIA, T. G. T.; MCDONALD, M.; STYLES, D. Greenhouse gas mitigation and rural electricity generation by a novel two-stroke biogas engine. **Journal of Cleaner Production**, v. 280, p. 124473, 2021.

O PARANÁ. Disponível em: <<https://oparana.com.br/ultimas-noticias/>> Acesso em: 29 out. 2020.

OECD. Organization for Economic Co-operation and Development. The long view: scenarios for the world economy to 2060. **Economic Policy Paper**. 2018

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMMEISTER, J. C.; TOMAZELLO, F. M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**. V. 19, 2005.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). The long view: scenarios for the world economy to 2060. **Economic Policy Paper**, n. 22, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). **Os 10 maiores exportadores de carne em 2019**. Disponível em: <<https://agronewsbrasil.com.br/os-10-maiores-exportadores-mundiais-de-carnes-em-2019-nas-atuais-projecoes-da-fao/>>. Acesso em: 10 out. 2020.

PACHECO, J. W.; YAMANAKA, H. T. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)** - série P+L. p. 98, 2006. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wpcontent/uploads/sites/20/2013/11/abate.pdf>>. Acesso em out. 2020.

POCHMANN, M. Ajuste econômico e desemprego recente no Brasil metropolitano. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 85, p. 5–20, 2015.

PRICEWATERHOUSECOOPERS (PWC). **The World in 2050: The Long View—How Will the Global Economic Order Change by 2050?** 2017. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/economy/the-world-in-2050.html>. Acesso em: 27 de jan. 2020.

QUADROS, R.; TAVARES, A. N.; SANTOS, G. V. DOS; BAJAY, S. **Projeto de P&D: “Desenvolvimento de Arranjos Técnicos e Institucionais para o Aproveitamento de Biogás, Através da Geração de Energia Elétrica, Oriundo de Resíduos Sólidos Urbanos”**. Relatório 2: Políticas Industriais, Tecnológicas e Energéticas de Fomento. São Paulo, 2016.

RADIN, G.; MAIA, C. H. **Custo energético de lenha e cavaco de madeira para secagem de grãos em agroindústria**. 2014.

RESEARCH CENTRE FOR GAS INNOVATION (RCGI). Disponível em: <<https://www.rcgi.poli.usp.br/pt-br/artigos-cientificos/>>. Acesso em: 11 nov. 2020.

ROSENWINKEL, K. H.; AUSTERMANN-HAUN, U.; MEYER, H. **Industrial Wastewater Sources and Treatment Strategies**. Environmental Biotechnology, Wiley-VCH, Weinheim, Alemanha, 2005.

SALBEGO, F. et al. **Determinação das condições operacionais para o tratamento terciário de efluente frigorífico pelo processo integrado Fenton - Coagulação**. v. 10, 2015.

SILVA, M. L. DA; SILVA, R. A. DA. **Economia brasileira pré, durante e pós-pandemia do covid-19: impactos e reflexões**. Universidade Federal de Santa Maria, Observatório SocioEconômico da COVID-19. Santa Maria, 2020.

SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE GÁS NATURAL LIQUEFEITO (SINDIGAS). **Impactos Ambientais: Comparação entre o Gás LP e outros Combustíveis e os Possíveis Impactos nas Mudanças Climáticas**. p. 1–15, 2016.

SOUZA, A. C. de.; **Consumo de água e de energia: uma análise sob a ótica do licenciamento ambiental na indústria de abate de animais do estado da Bahia**. 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.

SOUZA, J.; COELHO, M.; SCHAEFFER, L.; ROSSINI, E. G.; **Estudo de viabilidade econômica de plantas de purificação de biogás, membrana versus lavagem por amina**. 2015.

SOUZA, S. M.; SILVA, C. S.; NETO, OLIVEIRA, G. C. de; BAPTISTA, E. A. Substituição da caldeira à lenha pela caldeira a gás como prática de produção mais limpa. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 35., out. 2015, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza: 2015.

SOUZA, S. N. M. **Manual de geração de energia elétrica a partir do biogás no meio rural**. p. 47, 2016.

STÅLBRAND, F. M2M/IoT applications in the agricultural Industry. **Berg Insight**, p. 2–5, 2017.

TEIXEIRA, A., and VIANNA, SW. Cenários macroeconômicos no horizonte 2022/2030. In: FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. A saúde no Brasil em 2030 - prospecção estratégica do sistema de saúde brasileiro: desenvolvimento, Estado e políticas de saúde. **Anais...**Rio de Janeiro: Fiocruz/Ipea/Ministério da Saúde/Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2013.

U. AUSTERMANN-HAUN, H.MEYER, C.F.SEIFRIED, K.-H. R. Full-scale experiments with anaerobic / aerobic treatment plants in the food and beverage industry. **Water Science and Technology**, n. 1, p. 312, 1999.

UNEP – United Nations Environment Programme; DEPA – Danish Environmental Protection Agency; COWI Consulting Engineers and Planners AS, Denmark. **Cleaner production assessment in meat processing**. Paris: UNEP, 2000. Disponível em: <<http://www.agrifood-forum.net/publications/guide/index.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2019.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Raízen inaugura usina de biogás a partir derivados da cana**. Disponível em: <<https://unica.com.br/noticias/raizen->

inaugura-usina-de-biogas-a-partir-derivados-da-cana/#:~:text=At%C3%A92019%2C%20o%20setor%20de,da%20agroind%C3%BAria%20a%2037%2C4>. Acesso em: 04 jan. 2021.

USA. United States of America. Publication, International Business. Brazil Energy Policy, Laws and Regulations Handbook: Strategic Information, Policy, Regulations. **World Business and Investment Library**. Washington, DC, 2nd edition, 2019.

USDA. U.S. **Department Of Agriculture**. Disponível em: <<https://www.usda.gov/topics/food-and-nutrition>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

VARHO, V.; WINQUIST, E.; RIKKONEN, P. Is biogas an energy or a sustainability product? - Business opportunities in the Finnish biogas branch. **Journal of Cleaner Production**. v. 233, p. 1344–1354, 2019.

VILVERT, A. et al. Minimization of energy demand in slaughterhouses: Estimated production of biogas generated from the effluent. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol: 120, p. pp: 109613, 2020.

WAHID, R.; HORN, S. J. The effect of mixing rate and gas recirculation on biological CO₂ methanation in two-stage CSTR systems. **Biomass and Bioenergy**, v. 144, p. 105918, 2021.

WANG, S. et al. Ecotoxicology and Environmental Safety Evaluation of biogas production potential of trace element-contaminated plants via anaerobic digestion. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 208, p. 111598, 2021.

WASSIE, Y. T.; ADARAMOLA, M. S. Potential environmental impacts of small-scale renewable energy technologies in East Africa: A systematic review of the evidence. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, n. September 2017, p. 377–391, 2019.

WEGENER, M.; SCHNEIDER, J. V; MALMQUIST, A.; ISALGUE, A.; MARTIN, A.; MARTIN, A. Techno-economic optimization model for polygeneration hybrid energy storage systems using biogas and batteries. **Energy**. Volume 218, 2021.

YANO, C. **Exportações de carne suína no estado do Paraná em 2019**. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/parana/exportacao-carne-suina-paranagua/>>. Acesso em: 30 out. 2020.

ZANOTTO, L. **Estudo de viabilidade econômica no uso do biogás no processo de chamuscagem de suínos**. Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2017.

ZHANG, X. et al. **Energy Saving for Biogas Production and Upgrading - Thermal Integration**. v. 61, p. 121–125, 2014.

ZYME, P. **Calculation methods of steam boiler operation factors under varying operating conditions with the use of computational thermodynamic modeling Control Volume based Finite Element Method**. v. 197, 2020.

APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO DA TAXA MÉDIA ESTIMADA DE CRESCIMENTO AO ANO

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Brasil	2.930,02	3.078,41	3.369,62	3.149,73	3.117,09	3.192,92	3.430,73	3.711,24	3.824,68	3.950,76	4.125,73
tc (%)	-	5,06%	9,46%	-6,53%	-1,04%	2,43%	7,45%	8,18%	3,06%	3,30%	4,43%
<i>Tmc Brasil = 3,58% a.a.</i>											
Santa Catarina (milhões t.)	865,07	876,19	921,84	785,48	770,53	815,95	915,85	968,83	1026,34	1044,56	1.119,32
tc (%)	-	1,29%	5,21%	-14,79%	-1,90%	5,90%	12,24%	5,79%	5,94%	1,78%	7,16%
<i>Tmc Santa Catarina = 2,86% a.a.</i>											
Paraná (milhões t.)	509,16	531,51	629,59	623,82	606,45	611,18	676,26	777,74	828,19	840,02	842,71
tc(%)	-	4,39%	18,45%	-0,92%	-2,79%	0,78%	10,65%	15,01%	6,49%	1,43%	0,32%
<i>Tmc Paraná = 5,38% a.a.</i>											
Rio Grande do Sul (milhões t.)	638,90	650,21	698,27	672,62	677,63	689,55	704,05	741,37	727,00	748,11	760,22
tc(%)	-	1,77%	7,39%	-3,67%	0,74%	1,76%	2,10%	5,30%	-1,94%	2,90%	1,62%
<i>Tmc Rio Grande do Sul = 1,80% a.a.</i>											

FONTE: Adaptado de IBGE - pesquisa trimestral do abate de animais (2020).

EQUAÇÃO (3) E (4)

$$Tm = \frac{\sum \text{taxa de crescimento anual}}{10 \text{ anos}} \quad (3)$$

$$tc = \left(\frac{(\text{Produção real ano corrente} - \text{Produção real ano anterior})}{\text{Produção real ano anterior}} \right) . 100 , \quad (4)$$

TC = TAXA REAL DE CRESCIMENTO (%)

TMC = TAXA MÉDIA ESTIMADA DE CRESCIMENTO AO ANO (%)

APÊNDICE B – MEMORIAL DE CÁLCULO DA TAXA REAL DE CRESCIMENTO AO ANO

Memorial de cálculo para a taxa real crescimento da produção de carne suína no Brasil entre os anos de 2009 e 2010:

$$tc(2010) = \left(\frac{3.078,41 - 2.930,02}{3.078,41} \right) \cdot 100 = \boxed{5,06\%}$$

Memorial de cálculo para a taxa média estimada de crescimento ao ano no Brasil entre os anos de 2009 e 2019:

$$Tm(Brasil) = (5,06 + 9,46 + (-6,53) + (-1,04) + 2,43 + 7,45 + 8,18 + 3,0 + 3,30 + 4,43) / 10 = \boxed{3,58\% \text{ a.a.}}$$

$$Tm(PR) = (4,39 + 18,45 + (-0,92) + (-2,79) + 0,78 + 10,65 + 15,01 + 6,49 + 1,43 + 0,32) / 10 = \boxed{5,38\% \text{ a.a.}}$$

$$Tm(SC) = 5,06\% + 9,46\% + (-6,53\%) + (-1,04\%) + 2,43\% + 7,45\% + 8,18\% + 3,06\% + 3,30\% + 4,43\% / 10 = \boxed{2,86\% \text{ a.a.}}$$

$$Tm(RS) = (1,77 + 7,39 + (-3,67) + 0,74 + 1,76 + 2,10 + 5,30 + (-1,94) + 2,90 + 1,62) / 10 = \boxed{1,80\% \text{ a.a.}}$$

Tc = taxa real de crescimento (%)

Tmc = taxa média estimada de crescimento ao ano (%)

APÊNDICE C – MEMORIAL DE CÁLCULO DA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NO BRASIL, PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL

2020	$P = 4.130 + 3,58\% = \boxed{4.270}$	$P = 842 + 5,38\% = \boxed{888}$	$P = 1.119 + 2,86\% = \boxed{1.151}$	$P = 760 + 1,80\% = \boxed{774}$
2021	$P = 4.270 + 3,58\% = \boxed{4.432}$	$P = 888 + 5,38\% = \boxed{936}$	$P = 1.151 + 2,86\% = \boxed{1.184}$	$P = 774 + 1,80\% = \boxed{788}$
2022	$P = 4.432 + 3,58\% = \boxed{4.581}$	$P = 936 + 5,38\% = \boxed{986}$	$P = 1.184 + 2,86\% = \boxed{1.218}$	$P = 788 + 1,80\% = \boxed{802}$
2023	$P = 4.581 + 3,58\% = \boxed{4.745}$	$P = 986 + 5,38\% = \boxed{1.039}$	$P = 1.218 + 2,86\% = \boxed{1.253}$	$P = 802 + 1,80\% = \boxed{816}$
2024	$P = 4.745 + 3,58\% = \boxed{4.915}$	$P = 1.039 + 5,38\% = \boxed{1.095}$	$P = 1.253 + 2,86\% = \boxed{1.289}$	$P = 816 + 1,80\% = \boxed{831}$
2025	$P = 4.915 + 3,58\% = \boxed{5.091}$	$P = 1.095 + 5,38\% = \boxed{1.154}$	$P = 1.289 + 2,86\% = \boxed{1.326}$	$P = 831 + 1,80\% = \boxed{846}$
2026	$P = 5.091 + 3,58\% = \boxed{5.273}$	$P = 1.154 + 5,38\% = \boxed{1.216}$	$P = 1.326 + 2,86\% = \boxed{1.364}$	$P = 846 + 1,80\% = \boxed{861}$
2027	$P = 5.273 + 3,58\% = \boxed{5.462}$	$P = 1.216 + 5,38\% = \boxed{1.282}$	$P = 1.364 + 2,86\% = \boxed{1.403}$	$P = 861 + 1,80\% = \boxed{877}$
2028	$P = 5.462 + 3,58\% = \boxed{5.658}$	$P = 1.282 + 5,38\% = \boxed{1.351}$	$P = 1.403 + 2,86\% = \boxed{1.443}$	$P = 877 + 1,80\% = \boxed{893}$
2029	$P = 5.658 + 3,58\% = \boxed{5.860}$	$P = 1.351 + 5,38\% = \boxed{1.423}$	$P = 1.443 + 2,86\% = \boxed{1.484}$	$P = 893 + 1,80\% = \boxed{909}$
2030	$P = 5.860 + 3,58\% = \boxed{6.070}$	$P = 1.423 + 5,38\% = \boxed{1.500}$	$P = 1.484 + 2,86\% = \boxed{1.526}$	$P = 909 + 1,80\% = \boxed{925}$

Fonte: O autor (2020)

APÊNDICE D – MEMORIAL DE CÁLCULO DO VOLUME DE BIOGÁS EQUIVALENTE A DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL – 2020 A 2030

	Ano	(nSA) Nº de suínos abatidos (mil cabeças)	(cmE) Consumo médio de Energia Elétrica (KWh/suíno)	(dEE) Demanda de Energia Elétrica (GWh/ano)	(En) Quantidade de energia necessária (milhões kcal/ano)	(mCH4) Massa equivalente de metano (milhões kg/ano)	(vCH4) Volume equivalente de metano (milhões m³/ano)	(Vb) Volume equivalente de biogás (milhões m³/ano)
Brasil	2020	48.016	36	1.729	1.487.301	125	174	255,49
	2021	49.735	36	1.790	1.540.546	129	180	264,63
	2022	51.515	36	1.855	1.595.697	134	186	274,11
	2023	53.360	36	1.921	1.652.823	138	193	283,92
	2024	55.270	36	1.990	1.711.994	143	200	294,08
	2025	57.249	36	2.061	1.773.284	149	207	304,61
	2026	59.298	36	2.135	1.836.767	154	215	315,52
	2027	61.421	36	2.211	1.902.524	159	222	326,81
	2028	63.620	36	2.290	1.970.634	165	230	338,51
	2029	65.897	36	2.372	2.041.183	171	238	350,63
	2030	68.257	36	2.457	2.114.257	177	247	363,18
Paraná	2020	9.721	36	350	301.123	25	35	51,73
	2021	10.244	36	369	317.323	27	37	54,51
	2022	10.796	36	389	334.395	28	39	57,44
	2023	11.376	36	410	352.386	30	41	60,53
	2024	11.988	36	432	371.344	31	43	63,79
	2025	12.633	36	455	391.323	33	46	67,22
	2026	13.313	36	479	412.376	35	48	70,84
	2027	14.029	36	505	434.562	36	51	74,65
	2028	14.784	36	532	457.941	38	53	78,66
	2029	15.580	36	561	482.578	40	56	82,90
	2030	16.418	36	591	508.541	43	59	87,36

Santa Catarina	2020	3.554	36	128	110.077	9	13	69,27
	2021	3.693	36	133	114.403	10	13	72,00
	2022	3.839	36	138	118.899	10	14	74,83
	2023	3.989	36	144	123.572	10	14	77,77
	2024	4.146	36	149	128.429	11	15	80,82
	2025	4.309	36	155	133.476	11	16	84,00
	2026	4.478	36	161	138.721	12	16	87,30
	2027	4.654	36	168	144.173	12	17	90,73
	2028	4.837	36	174	149.839	13	18	94,30
	2029	5.028	36	181	155.728	13	18	98,00
	2030	5.225	36	188	161.848	14	19	101,86
Rio Grande do Sul	2020	2.115	36	76	65.510	5	8	45,58
	2021	2.155	36	78	66.748	6	8	46,44
	2022	2.196	36	79	68.009	6	8	47,32
	2023	2.237	36	81	69.295	6	8	48,21
	2024	2.279	36	82	70.604	6	8	49,12
	2025	2.322	36	84	71.939	6	8	50,05
	2026	2.366	36	85	73.298	6	9	51,00
	2027	2.411	36	87	74.684	6	9	51,96
	2028	2.457	36	88	76.095	6	9	52,94
	2029	2.503	36	90	77.533	6	9	53,94
	2030	2.550	36	92	78.999	7	9	54,96
Fórmula de cálculo			-	$de = nSA \cdot cmE$	$dEn = dE / 860,421$	$mCH4 = dEn / PCI \text{ do } CH4$	$vCH4 = mCH4 / \rho_{CH4}$	$Vb = Mb / p_{biogás}$

Tmc = taxa média estimada de crescimento ao ano (%), 3,58% para o Brasil; cME = consumo médio de energia elétrica por suíno abatido, 36 kWh/cabeça (UNEP; DEPA; COWI, 2000); tfe = Tarifa de energia elétrica média nacional para indústria em valor dolarizado: 0,164 US\$/kWh (ANEEL, 2019); 1kWh = 860,421 kcal (LAW, 2010); PCI do metano = 15,4 kWh/kg ou 11.940,0 kcal/kg; Densidade do CH₄ = 0,717 kg/m³ (MACIEL, 2009); biogás 68% metano (LINS, L.P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M, 2015); Cb = Custo na geração de biogás em dólar americano: 0,20US\$/kg (WEGENER (2021)

*Atualização monetária da tarifa de energia elétrica para os próximos 10 anos: 6,56% ao ano – IGPM, média últimos 10 anos (2010 – 2020) (FGV, 2020);

Fonte: O autor (2020)

APÊNDICE E – MEMORIAL DE CÁLCULO DO CUSTO EVITADO COM ENERGIA ELÉTRICA NO SETOR DE ABATE DE SUÍNOS NO BRASIL – 2020 A 2030

	Ano	(Vb) Volume equivalente de biogás (milhões m³/ano)	Tarifa média energia elétrica (US\$/kWh)	(Cvb) Custo com a geração de biogás (milhões US\$/ano)	(CEE) Custo com energia elétrica (milhões US\$/ano)	(Cb) Custo na geração de biogás (US\$/m³)	(CEV) Custo Evitado (milhões US\$/ano)
Brasil	2020	255	0,175	\$54,45	\$302,08	0,21	\$247,63
	2021	265	0,186	\$49,28	\$333,42	0,23	\$284,14
	2022	274	0,198	\$54,39	\$368,02	0,24	\$313,62
	2023	284	0,211	\$60,04	\$406,20	0,26	\$346,16
	2024	294	0,225	\$66,27	\$448,34	0,27	\$382,07
	2025	305	0,240	\$73,14	\$494,85	0,29	\$421,71
	2026	316	0,256	\$80,73	\$546,19	0,31	\$465,47
	2027	327	0,273	\$89,10	\$602,86	0,33	\$513,76
	2028	339	0,291	\$98,35	\$665,41	0,35	\$567,06
	2029	351	0,310	\$108,55	\$734,44	0,38	\$625,89
	2030	363	0,330	\$119,81	\$810,64	0,40	\$690,82
Paraná	2020	52	0,175	\$18	\$123,03	0,21	\$52,12
	2021	55	0,186	\$20	\$138,15	0,23	\$57,06
	2022	57	0,198	\$23	\$155,14	0,24	\$64,08
	2023	61	0,211	\$26	\$174,21	0,26	\$71,95
	2024	64	0,225	\$29	\$195,62	0,27	\$80,80
	2025	67	0,240	\$32	\$219,67	0,29	\$90,73
	2026	71	0,256	\$36	\$246,67	0,31	\$101,88
	2027	75	0,273	\$41	\$277,00	0,33	\$114,41
	2028	79	0,291	\$46	\$311,05	0,35	\$128,47
	2029	83	0,310	\$52	\$349,28	0,38	\$144,27
	2030	87	0,330	\$58	\$392,22	0,40	\$162,00

Santa Catarina	2020	19	0,175	\$7	\$44,97	0,21	\$69,80
	2021	20	0,186	\$7	\$49,81	0,23	\$77,31
	2022	20	0,198	\$8	\$55,16	0,24	\$85,61
	2023	21	0,211	\$9	\$61,09	0,26	\$94,82
	2024	22	0,225	\$10	\$67,66	0,27	\$105,01
	2025	23	0,240	\$11	\$74,93	0,29	\$116,29
	2026	24	0,256	\$12	\$82,98	0,31	\$128,79
	2027	25	0,273	\$14	\$91,90	0,33	\$142,63
	2028	26	0,291	\$15	\$101,78	0,35	\$157,96
	2029	27	0,310	\$17	\$112,71	0,38	\$174,94
	2030	28	0,330	\$18	\$124,83	0,40	\$193,74
Rio Grande do Sul	2020	11	0,175	\$8	\$53,84	0,21	\$45,93
	2021	11	0,186	\$9	\$58,46	0,23	\$49,86
	2022	12	0,198	\$9	\$63,47	0,24	\$54,14
	2023	12	0,211	\$10	\$68,91	0,26	\$58,78
	2024	12	0,225	\$11	\$74,82	0,27	\$63,82
	2025	12	0,240	\$12	\$81,23	0,29	\$69,29
	2026	13	0,256	\$13	\$88,20	0,31	\$75,23
	2027	13	0,273	\$14	\$95,76	0,33	\$81,68
	2028	13	0,291	\$15	\$103,97	0,35	\$88,69
	2029	13	0,310	\$17	\$112,88	0,38	\$96,29
	2030	14	0,330	\$18	\$122,56	0,40	\$104,55
Fórmula de cálculo		$Vb = Mb / p_{biogás}$	tfe	$Cvb = Vb \cdot Tfe$	$CEE = tfe \cdot De$	Cb	$CEV(e) = CEE - Cvb$

Tmc = taxa média estimada de crescimento ao ano (%), 3,58% para o Brasil e 5,38% para o Paraná; cME = consumo médio de energia elétrica por suíno abatido, 36 kWh/cabeça (UNEP; DEPA; COWI, 2000); tfe = Tarifa de energia elétrica média nacional para indústria em valor dolarizado: 0,164 US\$/kWh (ANEEL, 2019); fbe = fator de conversão de biogás em energia elétrica, equivalente a 1,43 kWh/m³ (SGANZERLA, 1983 apud FIEP, 2016).

Densidade do biogás = 0,72 kg/m³ (CETESB, 2014); Densidade do CH₄ = 0,717 kg/m³ (MACIEL, 2009); biogás 68% metano (LINS, L.P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M, 2015); PCI do metano = 15,4 kWh/kg ou 11.940,0 kcal/kg; pbiogás = densidade do biogás 1,15 kg/m³ (MME: EPE, 2007).

1kWh = 860,421 (LAW, 2010); Cb = Custo na geração de biogás em dólar americano: 0,20US\$/kg (WEGENER (2021)

*Atualização monetária da tarifa de energia elétrica para os próximos 10 anos: 6,56% ao ano – IGPM, média últimos 10 anos (2010 – 2020) (FGV, 2020).

Fonte: O autor (2020)

APÊNDICE F – MEMORIAL DE CÁLCULO DO VOLUME DE BIOGÁS EQUIVALENTE A DEMANDA ENERGÉTICA DE GLP NO PROCESSO DE CHAMUSCAGEM DE SUÍNOS - BRASIL, PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL

	Ano	Número de animais abatidos (cabeças/ano)	Consumo de GLP (kg/suíno)	(Mglp) massa de GLP (kg/ano)	(VGLP) Volume de GLP (m³/ano)	Demanda energética (kcal/ano)	Massa equivalente de metano (kg)	Massa equivalente biogás (kg/ano)	Volume de biogás equivalente (m³/ano)
Brasil	2020	48.015.917	0,24	11.523.820	4.609.528	127.914.401.961	10.713.099	15.754.557	13.699.615
	2021	49.734.886	0,24	11.936.373	4.774.549	132.493.737.552	11.096.628	16.318.570	14.190.061
	2022	51.515.395	0,24	12.363.695	4.945.478	137.237.013.356	11.493.887	16.902.775	14.698.065
	2023	53.359.647	0,24	12.806.315	5.122.526	142.150.098.434	11.905.368	17.507.895	15.224.256
	2024	55.269.922	0,24	13.264.781	5.305.913	147.239.071.958	12.331.581	18.134.677	15.769.285
	2025	57.248.585	0,24	13.739.660	5.495.864	152.510.230.734	12.773.051	18.783.899	16.333.825
	2026	59.298.084	0,24	14.231.540	5.692.616	157.970.096.995	13.230.326	19.456.362	16.918.576
	2027	61.420.956	0,24	14.741.029	5.896.412	163.625.426.467	13.703.972	20.152.900	17.524.261
	2028	63.619.826	0,24	15.268.758	6.107.503	169.483.216.734	14.194.574	20.874.374	18.151.629
	2029	65.897.416	0,24	15.815.380	6.326.152	175.550.715.894	14.702.740	21.621.677	18.801.458
	2030	68.256.543	0,24	16.381.570	6.552.628	181.835.431.523	15.229.098	22.395.733	19.474.550
Paraná	2020	9.721.437	0,24	2.333.145	933.258	25.897.907.435	2.169.004	3.189.712	2.773.662
	2021	10.244.450	0,24	2.458.668	983.467	27.291.214.855	2.285.696	3.361.318	2.922.885
	2022	10.795.601	0,24	2.590.944	1.036.378	28.759.482.215	2.408.667	3.542.157	3.080.137
	2023	11.376.405	0,24	2.730.337	1.092.135	30.306.742.358	2.538.253	3.732.725	3.245.848
	2024	11.988.455	0,24	2.877.229	1.150.892	31.937.245.097	2.674.811	3.933.546	3.420.475
	2025	12.633.434	0,24	3.032.024	1.212.810	33.655.468.883	2.818.716	4.145.171	3.604.496
	2026	13.313.113	0,24	3.195.147	1.278.059	35.466.133.109	2.970.363	4.368.181	3.798.418
	2027	14.029.359	0,24	3.367.046	1.346.818	37.374.211.070	3.130.168	4.603.189	4.002.773
	2028	14.784.138	0,24	3.548.193	1.419.277	39.384.943.626	3.298.571	4.850.840	4.218.122
	2029	15.579.525	0,24	3.739.086	1.495.634	41.503.853.593	3.476.035	5.111.816	4.445.057
	2030	16.417.703	0,24	3.940.249	1.576.099	43.736.760.916	3.663.045	5.386.831	4.684.201

Santa Catarina	2020	13.019.430,62	0,24	3.124.663	1.249.865	34.683.763.170	2.904.838	4.271.820	3.714.626
	2021	13.531.094,24	0,24	3.247.463	1.298.985	36.046.835.063	3.018.998	4.439.703	3.860.611
	2022	14.062.866,25	0,24	3.375.088	1.350.035	37.463.475.681	3.137.645	4.614.183	4.012.333
	2023	14.615.536,89	0,24	3.507.729	1.403.092	38.935.790.275	3.260.954	4.795.521	4.170.018
	2024	15.189.927,49	0,24	3.645.583	1.458.233	40.465.966.833	3.389.109	4.983.984	4.333.900
	2025	15.786.891,64	0,24	3.788.854	1.515.542	42.056.279.330	3.522.301	5.179.855	4.504.222
	2026	16.407.316,48	0,24	3.937.756	1.575.102	43.709.091.107	3.660.728	5.383.423	4.681.238
	2027	17.052.124,02	0,24	4.092.510	1.637.004	45.426.858.388	3.804.595	5.594.992	4.865.210
	2028	17.722.272,49	0,24	4.253.345	1.701.338	47.212.133.922	3.954.115	5.814.875	5.056.413
	2029	18.418.757,80	0,24	4.420.502	1.768.201	49.067.570.785	4.109.512	6.043.400	5.255.130
	2030	19.142.614,98	0,24	4.594.228	1.837.691	50.995.926.317	4.271.016	6.280.905	5.461.657
Rio Grande do Sul	2020	8.565.996,23	0,24	2.055.839	822.336	22.819.813.951	1.911.207	2.810.599	2.443.999
	2021	8.727.893,56	0,24	2.094.694	837.878	23.251.108.435	1.947.329	2.863.719	2.490.191
	2022	8.892.850,74	0,24	2.134.284	853.714	23.690.554.384	1.984.134	2.917.843	2.537.255
	2023	9.060.925,62	0,24	2.174.622	869.849	24.138.305.862	2.021.634	2.972.991	2.585.209
	2024	9.232.177,12	0,24	2.215.723	886.289	24.594.519.843	2.059.843	3.029.180	2.634.070
	2025	9.406.665,27	0,24	2.257.600	903.040	25.059.356.268	2.098.774	3.086.432	2.683.854
	2026	9.584.451,24	0,24	2.300.268	920.107	25.532.978.101	2.138.440	3.144.765	2.734.578
	2027	9.765.597,37	0,24	2.343.743	937.497	26.015.551.387	2.178.857	3.204.201	2.786.262
	2028	9.950.167,16	0,24	2.388.040	955.216	26.507.245.308	2.220.037	3.264.761	2.838.922
	2029	10.138.225,32	0,24	2.433.174	973.270	27.008.232.245	2.261.996	3.326.465	2.892.578
	2030	10.329.837,78	0,24	2.479.161	991.664	27.518.687.834	2.304.748	3.389.335	2.947.248
Fórmula de cálculo		$nSA = nSA(t-1) + tcm$		$mGLP = nSA \times cmGLP$	$VGLP = mGLP / \rho GLP$	$dL = nSA \cdot cml$	$U\$9,29$	$VBiogás = VGLP / 0,5136$	$Vbiogás = VGLP / 0,5136$

0,5136 = razão entra PCI do biogás / PCI do GLP; PCI do biogás = Poder Calorífico Inferior do Biogás 5.136,46 kcal/Nm³ (GIODA, 2019).

PCI do GLP Poder Calorífico Inferior do GLP = 11.100 kcal/kg (GIODA, 2019); ρGLP = densidade do Gás Liquefeito de Petróleo 2,50 kg/m³ (PETROBRAS, 2019); $\rho biogás$ = densidade do biogás 1,15 kg/m³ (BRASIL, Ministério de Minas e Energia, 2017); Densidade do CH₄ = 0,717 kg/m³ (MACIEL, 2009);

biogás 68% metano (LINS, L.P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M, 2015); PCI do metano = 15,4 kWh/kg ou 11.940,0 kcal/kg

Consumo médio GLP por suíno: 0,24 kg/suíno (VIVAN, 2019)

Fonte: O autor (2020)

APÊNDICE G – MEMORIAL DE CÁLCULO DO CUSTO EVITADO COM GLP NO BRASIL, PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL

	Ano	Volume de biogás equivalente (m³/ano)	Preço do GLP (US\$/kg)	Custo com GLP (US\$/ano)	Custo na geração de biogás (US\$/m³)	Custo na produção de biogás (US\$/m³)	Custo evitado (US\$/ano)
Brasil	2020	13.699.615	0,94	\$10.832.391	0,20	\$2.773.679	\$8.058.712
	2021	14.190.061	1,00	\$11.956.235	0,22	\$3.061.444	\$8.894.791
	2022	14.698.065	1,07	\$13.196.676	0,23	\$3.379.064	\$9.817.612
	2023	15.224.256	1,14	\$14.565.811	0,24	\$3.729.637	\$10.836.174
	2024	15.769.285	1,21	\$16.076.992	0,26	\$4.116.581	\$11.960.411
	2025	16.333.825	1,29	\$17.744.955	0,28	\$4.543.670	\$13.201.286
	2026	16.918.576	1,38	\$19.585.968	0,30	\$5.015.069	\$14.570.899
	2027	17.524.261	1,47	\$21.617.982	0,32	\$5.535.374	\$16.082.607
	2028	18.151.629	1,56	\$23.860.815	0,34	\$6.109.661	\$17.751.154
	2029	18.801.458	1,67	\$26.336.338	0,36	\$6.743.529	\$19.592.809
	2030	19.474.550	1,77	\$29.068.693	0,38	\$7.443.160	\$21.625.533
Paraná	2020	2.773.662	0,94	\$2.193.156	0,20	\$561.567	\$1.631.589
	2021	2.922.885	1,00	\$2.462.759	0,22	\$630.600	\$1.832.159
	2022	3.080.137	1,07	\$2.765.504	0,23	\$708.119	\$2.057.385
	2023	3.245.848	1,14	\$3.105.466	0,24	\$795.168	\$2.310.298
	2024	3.420.475	1,21	\$3.487.219	0,26	\$892.917	\$2.594.302
	2025	3.604.496	1,29	\$3.915.900	0,28	\$1.002.683	\$2.913.217
	2026	3.798.418	1,38	\$4.397.279	0,30	\$1.125.942	\$3.271.337
	2027	4.002.773	1,47	\$4.937.833	0,32	\$1.264.353	\$3.673.480
	2028	4.218.122	1,56	\$5.544.837	0,34	\$1.419.779	\$4.125.058
	2029	4.445.057	1,67	\$6.226.460	0,36	\$1.594.311	\$4.632.149
	2030	4.684.201	1,77	\$6.991.874	0,38	\$1.790.299	\$5.201.576

Santa Catarina	2020	3.714.626	0,94	\$2.937.184	0,20	\$752.078	\$2.185.105
	2021	3.860.611	1,00	\$3.252.866	0,22	\$832.910	\$2.419.956
	2022	4.012.333	1,07	\$3.602.478	0,23	\$922.430	\$2.680.049
	2023	4.170.018	1,14	\$3.989.666	0,24	\$1.021.571	\$2.968.095
	2024	4.333.900	1,21	\$4.418.467	0,26	\$1.131.367	\$3.287.100
	2025	4.504.222	1,29	\$4.893.356	0,28	\$1.252.964	\$3.640.392
	2026	4.681.238	1,38	\$5.419.284	0,30	\$1.387.630	\$4.031.654
	2027	4.865.210	1,47	\$6.001.738	0,32	\$1.536.770	\$4.464.968
	2028	5.056.413	1,56	\$6.646.794	0,34	\$1.701.939	\$4.944.854
	2029	5.255.130	1,67	\$7.361.178	0,36	\$1.884.860	\$5.476.318
	2030	5.461.657	1,77	\$8.152.344	0,38	\$2.087.442	\$6.064.902
Rio Grande do Sul	2020	2.443.999	0,94	\$1.932.489	0,20	\$494.822	\$1.437.667
	2021	2.490.191	1,00	\$2.098.180	0,22	\$537.248	\$1.560.932
	2022	2.537.255	1,07	\$2.278.078	0,23	\$583.311	\$1.694.766
	2023	2.585.209	1,14	\$2.473.400	0,24	\$633.324	\$1.840.075
	2024	2.634.070	1,21	\$2.685.469	0,26	\$687.625	\$1.997.843
	2025	2.683.854	1,29	\$2.915.720	0,28	\$746.582	\$2.169.138
	2026	2.734.578	1,38	\$3.165.714	0,30	\$810.594	\$2.355.119
	2027	2.786.262	1,47	\$3.437.141	0,32	\$880.094	\$2.557.047
	2028	2.838.922	1,56	\$3.731.841	0,34	\$955.554	\$2.776.288
	2029	2.892.578	1,67	\$4.051.809	0,36	\$1.037.483	\$3.014.326
	2030	2.947.248	1,77	\$4.399.210	0,38	\$1.126.436	\$3.272.774
Fórmula de cálculo		$V_{biogás} = VGLP / 0,5136$		$cGLP = pGLP \cdot VGLP$		$Cvb = Vb \cdot Cb$	$CEV(I) = cGLP - Cvb$

pGLP = preço do GLP: US\$ 0,82 R\$/kg, média 2019 (BRASIL, Ministério de Minas e Energia, 2019);

Cb = Custo na geração de biogás em dólar americano: 0,20US\$/kg (WEGENER (2021)

*Atualização monetária da tarifa de energia elétrica para os próximos 10 anos: 6,56% ao ano – IGPM, média últimos 10 anos (2010 – 2020) (FGV, 2020);

Fonte: O autor (2020)

APÊNDICE H – MEMORIAL DE CÁLCULO DO VOLUME DE BIOGÁS EQUIVALENTE A DEMANDA ENERGÉTICA DE LENHA NAS CALDEIRAS - BRASIL, PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL

	Ano	(nSA) Nº de suínos abatidos (cabeças/ano)	Consumo de vapor por ano (t./ano)	(vL) volume de lenha (m³/ano)	(mL) massa de lenha (kg/ano)	(dEn) Demanda energética (milhões kcal/ano)	(mCH4) Massa equivalente de metano (milhões kg/ano)	(vCH4) Volume equivalente de metano (milhões m³/ano)	(mB) massa equivalente de biogás (milhões kg/ano)	(Vb) Volume equivalente de biogás (milhões m³/ano)
Brasil	2020	48.015.917	4.148.575.199	6.637.720.318	4.248.141.003.520	13.594.051.211	1.138.530	1.587.908	1.674.309	2.335.159
	2021	49.734.886	4.297.094.191	6.875.350.705	4.400.224.451.446	14.080.718.245	1.179.290	1.644.755	1.734.249	2.418.758
	2022	51.515.395	4.450.930.163	7.121.488.261	4.557.752.486.808	14.584.807.958	1.221.508	1.703.638	1.796.336	2.505.350
	2023	53.359.647	4.610.273.463	7.376.437.540	4.720.920.025.836	15.106.944.083	1.265.238	1.764.628	1.860.644	2.595.041
	2024	55.269.922	4.775.321.253	7.640.514.004	4.889.928.962.761	15.647.772.681	1.310.534	1.827.802	1.927.255	2.687.943
	2025	57.248.585	4.946.277.754	7.914.044.406	5.064.988.419.627	16.207.962.943	1.357.451	1.893.237	1.996.251	2.784.172
	2026	59.298.084	5.123.354.497	8.197.367.195	5.246.315.005.050	16.788.208.016	1.406.048	1.961.015	2.067.717	2.883.845
	2027	61.420.956	5.306.770.588	8.490.832.941	5.434.133.082.231	17.389.225.863	1.456.384	2.031.219	2.141.741	2.987.087
	2028	63.619.826	5.496.752.975	8.794.804.760	5.628.675.046.575	18.011.760.149	1.508.523	2.103.937	2.218.416	3.094.025
	2029	65.897.416	5.693.536.732	9.109.658.771	5.830.181.613.242	18.656.581.162	1.562.528	2.179.258	2.297.835	3.204.791
	2030	68.256.543	5.897.365.347	9.435.784.555	6.038.902.114.996	19.324.486.768	1.618.466	2.257.275	2.380.097	3.319.522
Paraná	2020	9.721.437	839.932.133	1.343.891.413	860.090.504.233	2.752.289.614	230.510	321.492	338.985	472.783
	2021	10.244.450	885.120.482	1.416.192.771	906.363.373.361	2.900.362.795	242.911	338.789	357.223	498.219
	2022	10.795.601	932.739.964	1.492.383.942	955.125.722.847	3.056.402.313	255.980	357.015	376.441	525.023
	2023	11.376.405	982.921.374	1.572.674.198	1.006.511.486.737	3.220.836.758	269.752	376.223	396.694	553.269
	2024	11.988.455	1.035.802.544	1.657.284.070	1.060.661.804.723	3.394.117.775	284.264	396.464	418.036	583.035
	2025	12.633.434	1.091.528.721	1.746.445.953	1.117.725.409.817	3.576.721.311	299.558	417.793	440.526	614.402
	2026	13.313.113	1.150.252.966	1.840.404.745	1.177.859.036.865	3.769.148.918	315.674	440.271	464.227	647.457
	2027	14.029.359	1.212.136.575	1.939.418.520	1.241.227.853.049	3.971.929.130	332.657	463.957	489.202	682.290
	2028	14.784.138	1.277.349.523	2.043.759.237	1.308.005.911.543	4.185.618.917	350.554	488.918	515.521	718.997
	2029	15.579.525	1.346.070.927	2.153.713.484	1.378.376.629.584	4.410.805.215	369.414	515.222	543.256	757.679
	2030	16.417.703	1.418.489.543	2.269.583.269	1.452.533.292.255	4.648.106.535	389.289	542.941	572.483	798.443

Santa Catarina	2020	13.019.431	1.124.878.806	1.799.806.089	1.151.875.896.857	3.686.002.870	308.710	430.559	453.986	633.174
	2021	13.531.094	1.169.086.543	1.870.538.468	1.197.144.619.604	3.830.862.783	320.843	447.479	471.828	658.058
	2022	14.062.866	1.215.031.644	1.944.050.630	1.244.192.403.154	3.981.415.690	333.452	465.065	490.370	683.920
	2023	14.615.537	1.262.782.387	2.020.451.820	1.293.089.164.598	4.137.885.327	346.557	483.342	509.642	710.798
	2024	15.189.927	1.312.409.735	2.099.855.576	1.343.907.568.767	4.300.504.220	360.176	502.338	529.671	738.732
	2025	15.786.892	1.363.987.438	2.182.379.900	1.396.723.136.220	4.469.514.036	374.331	522.080	550.487	767.764
	2026	16.407.316	1.417.592.144	2.268.147.430	1.451.614.355.473	4.645.165.938	389.042	542.597	572.121	797.937
	2027	17.052.124	1.473.303.515	2.357.285.624	1.508.662.799.643	4.827.720.959	404.332	563.922	594.605	829.296
	2028	17.722.272	1.531.204.343	2.449.926.949	1.567.953.247.669	5.017.450.393	420.222	586.084	617.973	861.888
	2029	18.418.758	1.591.380.674	2.546.209.079	1.629.573.810.302	5.214.636.193	436.737	609.117	642.260	895.760
	2030	19.142.615	1.653.921.935	2.646.275.095	1.693.616.061.047	5.419.571.395	453.900	633.055	667.501	930.963
Rio Grande do Sul	2020	8.565.996	740.102.074	1.184.163.319	757.864.523.860	2.425.166.476	203.113	283.281	298.695	416.590
	2021	8.727.894	754.090.003	1.206.544.005	772.188.163.361	2.471.002.123	206.952	288.635	304.341	424.464
	2022	8.892.851	768.342.304	1.229.347.687	786.782.519.648	2.517.704.063	210.863	294.091	310.093	432.486
	2023	9.060.926	782.863.974	1.252.582.358	801.652.709.270	2.565.288.670	214.848	299.649	315.953	440.660
	2024	9.232.177	797.660.103	1.276.256.165	816.803.945.475	2.613.772.626	218.909	305.312	321.925	448.989
	2025	9.406.665	812.735.879	1.300.377.406	832.241.540.044	2.663.172.928	223.046	311.083	328.009	457.475
	2026	9.584.451	828.096.587	1.324.954.539	847.970.905.151	2.713.506.896	227.262	316.962	334.209	466.121
	2027	9.765.597	843.747.613	1.349.996.180	863.997.555.259	2.764.792.177	231.557	322.953	340.525	474.931
	2028	9.950.167	859.694.442	1.375.511.108	880.327.109.053	2.817.046.749	235.934	329.057	346.961	483.907
	2029	10.138.225	875.942.667	1.401.508.268	896.965.291.414	2.870.288.933	240.393	335.276	353.519	493.053
	2030	10.329.838	892.497.984	1.427.996.774	913.917.935.422	2.924.537.393	244.936	341.612	360.200	502.371
Fórmula de cálculo	$nSA = nSA(t-1) + tcm$			$dL = nSA . cml$		$dEn = mL * 3200$	$mCH4 = dEn / PCI \text{ do } CH4$	$vCH4 = mCH4 / \rho CH4$	$mB = mCH4 / 0,68$	$Vb = Mb / pbiogás$

"flenha = fator de conversão 1m³ lenha em 1m³ biogás = 1,53 (MME: EPE, 2007); "Consumo de vapor por suíno = 10 kg/h.cab (SOUZA, 2015); Consumo de lenha por suíno = 1,6 m³ / ton. de vapor (SOUZA, 2015); Tmc = taxa média estimada de crescimento ao ano (%), 3,58% para o Brasil e 5,38% para o Paraná; Densidade do biogás = 0,72 kg/m³ (CETESB, 2014); Densidade do CH4 = 0,717 kg/m³ (MACIEL, 2009); biogás 68% metano (LINS, L.P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M, 2015); PCI do metano = 15,4 kWh/kg ou 11.940,0 kcal/kg; pbiogás = densidade do biogás 1,15 kg/m³ (MME: EPE, 2007); PCI da lenha = 3200 kcal/kg (RADIN; MAIA, 2014); densidade da lenha = 0,49 g/cm³ = 640 kg/m³ (OLIVEIRA; HELLMEISTER; TOMAZELLO FILHO, 2005).

Fonte: O autor (2020)

**APÊNDICE I – MEMORIAL DE CÁLCULO DO CUSTO EVITADO COM LENHA NAS CALDEIRAS - BRASIL, PARANÁ,
SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL**

	Ano	(Vb)Volume equivalente de biogás (milhões m³/ano)	Preço lenha eucalipto média no Brasil (US\$/m³)	(cl) Custo com lenha (milhões US\$/ano)	Custo na geração de biogás (US\$/m³)	(Cvb) Custo com a geração de biogás (milhões US\$/ano)	Volume total biogás (mil m³/ano)	Custo evitado (milhões US\$/ano)
Brasil	2020	2.335.159	\$9,90	\$65.709,61	\$0,20	\$472.786	480.162,00	-\$407.076
	2021	2.418.758	\$10,22	\$70.240,00	\$0,22	\$521.836	497.351,00	-\$451.596
	2022	2.505.350	\$10,54	\$75.082,73	\$0,23	\$575.976	515.156,00	-\$500.893
	2023	2.595.041	\$10,88	\$80.259,36	\$0,24	\$635.733	533.599,00	-\$555.474
	2024	2.687.943	\$11,23	\$85.792,89	\$0,26	\$701.689	552.702,00	-\$615.896
	2025	2.784.172	\$11,59	\$91.707,93	\$0,28	\$774.488	572.489,00	-\$682.780
	2026	2.883.845	\$11,96	\$98.030,79	\$0,30	\$854.840	592.984,00	-\$756.810
	2027	2.987.087	\$12,34	\$104.789,58	\$0,32	\$943.529	614.213,00	-\$838.739
	2028	3.094.025	\$12,74	\$112.014,36	\$0,34	\$1.041.418	636.201,00	-\$929.404
	2029	3.204.791	\$13,14	\$119.737,26	\$0,36	\$1.149.464	658.977,00	-\$1.029.727
	2030	3.319.522	\$13,56	\$127.992,62	\$0,38	\$1.268.719	682.569,00	-\$1.140.727
Paraná	2020	472.783	\$9,90	\$13.303,75	\$0,20	\$95.722	697.301,22	-\$82.418
	2021	498.219	\$10,22	\$14.468,12	\$0,22	\$107.488	717.511,98	-\$93.020
	2022	525.023	\$10,54	\$15.734,39	\$0,23	\$120.702	737.722,75	-\$104.968
	2023	553.269	\$10,88	\$17.111,49	\$0,24	\$135.540	757.933,51	-\$118.428
	2024	583.035	\$11,23	\$18.609,11	\$0,26	\$152.202	778.144,27	-\$133.592
	2025	614.402	\$11,59	\$20.237,81	\$0,28	\$170.912	798.355,04	-\$150.674
	2026	647.457	\$11,96	\$22.009,06	\$0,30	\$191.922	818.565,80	-\$169.913
	2027	682.290	\$12,34	\$23.935,33	\$0,32	\$215.514	838.776,56	-\$191.579
	2028	718.997	\$12,74	\$26.030,18	\$0,34	\$242.007	858.987,33	-\$215.977
	2029	757.679	\$13,14	\$28.308,39	\$0,36	\$271.757	879.198,09	-\$243.449
	2030	798.443	\$13,56	\$30.785,98	\$0,38	\$305.164	899.408,85	-\$274.378

Santa Catarina	2020	633.174	\$9,90	\$17.817,04	\$0,20	\$128.195	919.619,62	-\$110.378
	2021	658.058	\$10,22	\$19.109,81	\$0,22	\$141.973	939.830,38	-\$122.863
	2022	683.920	\$10,54	\$20.496,37	\$0,23	\$157.232	960.041,15	-\$136.736
	2023	710.798	\$10,88	\$21.983,53	\$0,24	\$174.131	980.251,91	-\$152.148
	2024	738.732	\$11,23	\$23.578,61	\$0,26	\$192.846	1.000.462,67	-\$169.268
	2025	767.764	\$11,59	\$25.289,41	\$0,28	\$213.573	1.020.673,44	-\$188.284
	2026	797.937	\$11,96	\$27.124,35	\$0,30	\$236.528	1.040.884,20	-\$209.403
	2027	829.296	\$12,34	\$29.092,43	\$0,32	\$261.949	1.061.094,96	-\$232.857
	2028	861.888	\$12,74	\$31.203,31	\$0,34	\$290.103	1.081.305,73	-\$258.900
	2029	895.760	\$13,14	\$33.467,35	\$0,36	\$321.283	1.101.516,49	-\$287.815
	2030	930.963	\$13,56	\$35.895,66	\$0,38	\$355.814	1.121.727,25	-\$319.918
Rio Grande do Sul	2020	416.590	\$9,90	\$11.722,53	\$0,20	\$84.345	1.141.938,02	-\$72.622
	2021	424.464	\$10,22	\$12.326,30	\$0,22	\$91.576	1.162.148,78	-\$79.250
	2022	432.486	\$10,54	\$12.961,17	\$0,23	\$99.428	1.182.359,55	-\$86.467
	2023	440.660	\$10,88	\$13.628,73	\$0,24	\$107.953	1.202.570,31	-\$94.324
	2024	448.989	\$11,23	\$14.330,67	\$0,26	\$117.209	1.222.781,07	-\$102.878
	2025	457.475	\$11,59	\$15.068,77	\$0,28	\$127.258	1.242.991,84	-\$112.189
	2026	466.121	\$11,96	\$15.844,88	\$0,30	\$138.169	1.263.202,60	-\$122.324
	2027	474.931	\$12,34	\$16.660,97	\$0,32	\$150.016	1.283.413,36	-\$133.355
	2028	483.907	\$12,74	\$17.519,09	\$0,34	\$162.878	1.303.624,13	-\$145.359
	2029	493.053	\$13,14	\$18.421,41	\$0,36	\$176.843	1.323.834,89	-\$158.422
	2030	502.371	\$13,56	\$19.370,20	\$0,38	\$192.006	1.344.045,65	-\$172.636
Fórmula de cálculo		$Vb = Mb / \rho_{biogás}$	U\$9,29	$cL = pL \cdot dl$	Cb	$Cvb = Vb \cdot Cb$		$CEV(I) = cL - Cvb$

pL = preço da lenha: U\$9,29 (Brazil Energy Policy, Laws and Regulations Handbook, 2018);

Cb = Custo na geração de biogás em dólar americano: 0,20US\$/kg (WEGENER (2021)

*Atualização monetária da tarifa de energia elétrica para os próximos 10 anos: 6,56% ao ano – IGPM, média últimos 10 anos (2010 – 2020) (FGV, 2020);

Fonte: O autor (2020)

ANEXO 1 – LICENÇA DE OPERAÇÃO (L.O) DAS MAIORES INDÚSTRIAS DE
ABATE DE SUÍNOS DO PARANÁ

RENOVAÇÃO DE LICENÇA DE OPERAÇÃO

O Instituto Ambiental do Paraná - IAP, com base na legislação ambiental e demais normas pertinentes, e tendo em vista o contido no expediente protocolado sob o nº 15.342.480-2, concede LO - Licença de Operação nas condições e restrições abaixo especificadas.

1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR			
CPF/CNPJ 01.838.723/0376-32	Nome/Razão Social BRF S.A.		
RG/Inscrição Estadual 9060985127	Logradouro e Número Avenida Senador Atílio Fontana, 4040		
Bairro Centro	Município / UF Toledo/PR	CEP 85.900-900	

2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO			
Atividade Alimentos			Porte Excepcional
Atividade Específica Abatedouro de Aves, Abatedouro de suínos, Fábrica de Embutidos e Defumados			
Detalhes da Atividade ---			
Coordenadas UTM (E-N) 223770.8 - 7259920.8	Logradouro e Número Avenida Senador Atílio Fontana, 4040		
Bacia Hidrográfica Paraná 3	Bairro Centro	Município / UF Toledo/PR	CEP 85.900-900

3. CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO

3.1 MATÉRIA-PRIMA	
Descrição	Quant./Dia
abate de frango	450000.00 unid
abate de suínos	7600.00 unid
incubacao de ovos	450000.00 unid

3.2 PRODUTO ELABORADO	
Descrição	Quant./Dia
assados de frango	70.00 t
bacon	75.00 t
carne mecanicamente separada de aves	280.00 t
cortes de frango	876.00 t
cortes de suíno	760.00 t
empanados de frango	105.00 t
farinha de pena	22.00 t
farinha de vísceras de aves	35.00 t
farinha de vísceras suíno	60.00 t
farinha micronizada	33.00 t
farinha para empanados	96.00 t
graxa amarela	40.00 t
graxa preta	7.00 t
hamburguer bovino	35.00 t
linguica	170.00 t
pre-gel	60.00 t
presunto	180.00 t
pts (proteína de soja texturizada)	48.00 t

3.3 ÁGUA UTILIZADA				
Origem Água	Tipo de Uso	Volume (m³/hora)	Nº Outorga	Coordenadas UTM (E-N)
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	36,00	343/2017	223682.14 - 7260286.25
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	18,00	344/2017	222254.67 - 7257116.07
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	38,00	345/2017	222044.1 - 7257722.64
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	40,00	346/2017	223303.32 - 7260651.14
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	18,00	586/2017	223640.86 - 7259515
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	18,00	585/2017	223690.15 - 7259885.12
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	90,00	583/2017	222169.48 - 7257175.33
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	20,00	587/2017	224319.46 - 7259343.42
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	45,00	337/2017	220428.69 - 7257078.38
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	30,00	588/2017	223457.72 - 7260219.69
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	36,00	584/2017	222030.7 - 7257080.53
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	20,00	339/2017	223470.43 - 7259634.64
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	12,00	589/2017	223320.77 - 7260031.82
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	40,00	338/2017	222005.7 - 7256987.38
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	40,00	591/2017	223394.69 - 7260587.56
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	20,00	590/2017	223312.77 - 7260431.84
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	30,00	594/2017	223784.04 - 7260810.4
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	18,00	592/2017	223446.65 - 7260773.73
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	25,00	340/2017	223481.14 - 7260466.25
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	30,00	593/2017	223952.63 - 7260783.83
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	16,00	342/2017	223249.11 - 7260830.75
Poço Profundo	Humano e Empreendimento	90,00	341/2017	223362.66 - 7260772.05
Rede Pública	Humano e Empreendimento	25,00	--	---

3.4 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS													
Ponto de Emissão	Coordenadas UTM (E-N)	CO	MPT	NOx	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chaminé 1	223509.0 - 7260273.0	1.000 (6)	400 (6)	500 (6)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chaminé 2	223509.0 - 7260273.0	1.000 (6)	400 (6)	500 (6)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chaminé 3	223509.0 - 7260273.0	1.000 (6)	400 (6)	500 (6)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chaminé 4	223509.0 - 7260273.0	1.000 (6)	400 (6)	500 (6)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Frequência de Automonitoramento: 1 - Contínuo; 2 - Mensal; 3 - Bimestral; 4 - Trimestral; 5 - Quadrimestral; 6 - Semestral; 7 - Anual; 8 - Bianual; 9 - Trianual; 10 - Quadrianual; 88 - A Definir pelo IAP; 99 - Esporádico													

Ponto de Emissão	Coordenadas UTM (E-N)	Limites de Emissão													
		CO	MPT	NOx	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chaminé 5	223509.0 - 7260273.0	80,00 (6)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chaminé 6	223509.0 - 7260273.0	80,00 (6)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Frequência de Automonitoramento: 1 - Contínuo; 2 - Mensal; 3 - Bimestral; 4 - Trimestral; 5 - Quadrimestral; 6 - Semestral; 7 - Anual; 8 - Bianual; 9 - Trianual; 10 - Quadrianual; 88 - À Definir pelo IAP; 99 - Esporádico

3.5 RESÍDUOS SÓLIDOS

Código e Descrição	Quant./Dia	Destino Final
200121 - Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista	40,00 unid	Reciclagem externa
020301 - Lodos de lavagem, limpeza, descasque, centrifugação e separação	1.900,00 kg	Reciclagem externa
190814 - Lodos de outros tratamentos de efluentes industriais não abrangidas em 19 08 13	39.128,56 kg	Compostagem
200138 - Madeira não abrangida em 20 01 37	2.212,36 kg	Compostagem
020203 - Materiais impróprios para consumo ou processamento	350,00 kg	Reciclagem externa
020304 - Materiais impróprios para consumo ou processamento	538,00 kg	Reciclagem externa
200140 - Metais	3.470,00 kg	Sucateiros intermediários
200140 - Metais	2.182,38 kg	Reciclagem externa
180115 - Órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, materiais perfurocortantes ou escarificantes e	4,26 kg	Aterro Industrial Terceiros
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	2.274,86 kg	Aterro Industrial Terceiros
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	2.265,24 kg	Compostagem
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	68,06 kg	Compostagem
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	2.351,93 kg	Compostagem
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	18,83 kg	Re-refino de óleo
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	4.464,61 kg	Aterro de resíduos da construção civil
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	8.705,72 kg	Compostagem
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	868,25 kg	Aterro Industrial Terceiros
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	549,03 kg	Compostagem
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	0,75 kg	Aterro Industrial Terceiros
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	4.763,77 kg	Compostagem
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	4,90 kg	Compostagem
200199 - Outras frações não anteriormente especificadas	2,68 kg	Reciclagem externa
160605 - Outras pilhas, baterias e acumuladores	0,01 kg	Reciclagem externa
020299 - Outros resíduos não anteriormente especificados	3.150,00 kg	Reciclagem externa
020299 - Outros resíduos não anteriormente especificados	4.400,00 kg	Reciclagem externa
020399 - Outros resíduos não anteriormente especificados	1.320,00 kg	Reciclagem externa
020299 - Outros resíduos não anteriormente especificados	2.000,00 kg	Reciclagem externa
020299 - Outros resíduos não anteriormente especificados	7.700,00 kg	Reciclagem externa
200101 - Papel e cartão	2.092,61 kg	Reciclagem externa
200101 - Papel e cartão	245,64 kg	Reciclagem externa
200139 - Plásticos	156,17 kg	Reciclagem externa
200139 - Plásticos	159,19 kg	Reciclagem externa
200139 - Plásticos	98,28 kg	Reciclagem externa
200139 - Plásticos	1.302,03 kg	Reciclagem externa

Obs.: As informações das sessões 1, 2 e 3 são de responsabilidade do requerente.

4. CONDICIONANTES

- O não cumprimento à legislação ambiental vigente sujeitará a empresa e/ou seus representantes, às sanções previstas na Lei Federal 9.605/98, e seus decretos reguladores.
- Os níveis de pressão sonora (ruídos) decorrentes da atividade desenvolvida no local do empreendimento deverão estar em conformidade com aqueles preconizados pela Resolução CONAMA N.º 001/90.
- Os critérios adotados para emissão da presente Licença de Operação poderão ser reformulados e/ou complementados de acordo com o desenvolvimento científico e tecnológico e a necessidade de preservação ambiental.
- A concessão desta licença não impedirá exigências futuras, decorrentes do avanço tecnológico ou da modificação das condições ambientais, conforme Decreto Estadual 857/79 - Artigo 7º, § 2º.
- A presente Licença foi emitida de acordo com o que estabelecem os Artigos 8º, Inciso III da Resolução Nº 237/97 - CONAMA, e 2º, Inciso V da Resolução Nº 065/2008 - CEMA, 01 de julho de 2008, e autoriza a operação propriamente dita do empreendimento e atividade, devendo ser observados rigorosamente, durante sua operação, os itens abaixo listados, bem como outros eventuais, constantes de fases anteriores do licenciamento ambiental.
- As ampliações ou alterações nos processos de produção ou volumes produzidos, ora licenciados, de conformidade com o estabelecido pela Resolução CEMA nº 65, 01 de julho de 2008, ensejarão novos licenciamentos, prévio de instalação e de operação, para a parte ampliada ou alterada.
- A presente Licença de Operação, em conformidade com o que consta do Artigo 19 da Resolução CONAMA Nº 237/97 poderá ser suspensa ou cancelada, na ocorrência de violação ou inadequação de quaisquer condicionantes ou normas legais, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a sua emissão, bem como na superveniência de graves riscos ambientais e de saúde, sendo assim deverão ser apresentados os documentos e atendidos os condicionantes acima estabelecidos, caso contrário, a presente Licença de Operação será cancelada.
- Para utilização agrícola dos resíduos gerados na atividade, deverá ser solicitada Autorização Ambiental específica, conforme estabelecido na Portaria IAP N.º 202/2016.
- No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade.
- A presente licença não contempla aspectos de segurança das instalações, estando restrita a aspectos ambientais.
- É terminantemente proibida a queima a céu aberto de qualquer tipo de material.
- Outros resíduos líquidos, eventualmente gerados, em outras operações e atividades diversas levadas a efeito, de forma permanente ou sazonalmente no local, deverão ser objeto de procedimentos idênticos aos conferidos aos resíduos sólidos.
- Quaisquer operações e/ou equipamentos que envolvam a utilização de produtos líquidos poluentes, tais como combustíveis em geral, óleo lubrificante, hidráulico, de corte, produtos químicos em geral e outros eventuais, quaisquer sejam, deverão ser dotados de dispositivos de contenção adequados, instalados nos locais onde a referidas operações forem realizadas e/ou onde os mencionados equipamentos estiverem instalados, para que em casos de vazamentos, estes líquidos permaneçam confinados nos respectivos locais.
- A renovação da presente licença deverá ser requerida com antecedência mínima de 120 (cento e vinte) dias da expiração de seu prazo de validade.
- Com relação ao dimensionamento do sistema de drenagem e/ou projetos de melhoria fica sugerido o aproveitamento e reuso de águas da chuva de acordo com requisitos estabelecidos pela Norma NBR 15.527, tendo em vista as classes de reuso estabelecidas na Norma NBR 13.969, bem como o projeto de concepção estabelecido pelas Normas: NBR 5626 e NBR 10.844.
- O empreendimento deverá cadastrar seus monitoramentos no Sistema para Declaração de Emissões Atmosféricas (DEA) através do caminho www.dea.iap.pr.gov.br.

18. Manter atualizados e apresentar quando do pedido de renovação desta Licença de Operação os laudos de vistorias atualizados fornecidos pela Vigilância Sanitária e pelo Corpo de Bombeiros, atestando o atendimento das condições sanitárias de salubridade e de gestão de situações emergenciais e de risco na unidade industrial.

Assinatura do Representante

TACIANO CESAR FREIRE MARANHÃO
Escritório Regional de Toledo



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO



Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA
Instituto Ambiental do Paraná - IAP

Número do Protocolo
13.579.671-9

Número do Documento
114826-R1

Validade da Licença
15/08/2020

RENOVAÇÃO DE LICENÇA DE OPERAÇÃO

O Instituto Ambiental do Paraná - IAP, com base na legislação ambiental e demais normas pertinentes, e tendo em vista o contido no expediente protocolado sob o nº 13.579.671-9, concede RLO - Renovação de Licença de Operação nas condições e restrições abaixo especificadas.

1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR																	
CPF/CNPJ 77.595.395/0002-28	Nome/Razão Social FRIMESA COOPERATIVA CENTRAL																
RG/Inscrição Estadual 4200192112	Logradouro e Número Rua Bahia, 159																
Bairro Frimesa	Município / UF Medianeira/PR																
	CEP 85.884-000																
2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO																	
Atividade Alimentos	Porte Excepcional																
Atividade Específica Fabricação de Produtos de Carne não Integrados ao Abate, Abatedouro de Suínos, Fábrica de Embutidos e Defumados																	
Detalhes da Atividade ---																	
Coordenadas UTM (E-N) 187380.4 - 7199674.2	Logradouro e Número Rua Bahia, 159																
Bacia Hidrográfica Paraná 3	Bairro Frimesa																
	Município / UF Medianeira/PR																
	CEP 85.884-000																
3. CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO																	
3.1 MATÉRIA-PRIMA																	
Descrição	Quant./Dia																
carne aves	38.00 t																
carne bovina	12.24 t																
carne suína decomposta (resfriada, congelada)	616.63 t																
plasma congelado	21.43 t																
3.2 PRODUTO ELABORADO																	
Descrição	Quant./Dia																
congelados	107.46 t																
exportação	63.68 t																
industrializados	349.51 t																
salgados	16.93 t																
sub produtos	48.21 t																
3.3 ÁGUA UTILIZADA																	
Origem Água	Tipo de Uso	Volume (m³/hora)	Nº Outorga	Coordenadas UTM (E-N)													
Nascente	Empreendimento	5,00	--	--													
Poço Profundo	Empreendimento	127,00	--	--													
Rede Pública	Humano e Empreendimento	42,00	--	--													
3.4 EFLUENTES LÍQUIDOS																	
Origem Efluente	Forma Tratamento	Destino Final	Vazão (m³/hora)	Nº Outorga	Coordenadas UTM (E-N)												
Efluente de esgoto sanitário	ETDI	Corpo Hídrico	15,00	310/2011	187185.76 - 7200181.65												
Efluentes gerados no processo industrial	ETDI	Corpo Hídrico	159,00	310/2011	187185.76 - 7200181.65												
3.5 LIMITES PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES																	
Parâmetro	Valor Limite	Parâmetro	Valor Limite														
DBO5 - Demanda Bioquímica de Oxigênio	50,00 - mg/L	DQO - Demanda Química de Oxigênio	200,00 - mg/L														
Toxicidade Aguda (FTbl para Vibrio fischeri)	8,00	Toxicidade Aguda (Ftd para Daphnia magna)	8,00														
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	50,00 - mg/L	--	--														
3.6 CONDIÇÕES PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES																	
a) pH entre 5 a 9																	
b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura																	
c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes																	
d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente																	
3.7 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS																	
Ponto de Emissão	Coordenadas UTM (E-N)	Limites de Emissão															
		CO	MPT	NOx	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chaminé 1	187351.8 - 7199883.2	2.500 (6)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chaminé 2	187351.8 - 7199881.6	2.500 (6)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chaminé 3	187351.8 - 7199883.2	2.000 (6)	400 (6)	500 (6)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Frequência de Automonitoramento: 1 - Contínuo; 2 - Mensal; 3 - Bimestral; 4 - Trimestral; 5 - Quadrimestral; 6 - Semestral; 7 - Anual; 8 - Bianual; 9 - Trianual; 10 - Quadrianual; 88 - A Definir pelo IAP; 99 - Esporádico																	
3.8 RESÍDUOS SÓLIDOS																	
Código e Descrição	Quant./Dia	Destino Final															
200121 - Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista	11,00 unid	Reciclagem externa															
130201 - Óleos de motores, transmissões e lubrificação usados ou contaminados	12,18 l	Re-refino de óleo															
190899 - Outros resíduos não anteriormente especificados	24.410,00 kg	Incorporação em solo agrícola															
200101 - Papel e cartão	1.190,67 kg	Reciclagem externa															
200139 - Plásticos	434,03 kg	Aterro Industrial Terceiros															
200135 - Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso não abrangido em 20 01	3,94 kg	Reciclagem externa															
180111 - Recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não	16,73 kg	Reciclagem externa															
200108 - Resíduos biodegradáveis de cozinhas e cantinas	130,41 kg	Ração animal															
020104 - Resíduos de plásticos (excluindo embalagens)	89,55 kg	Reutilização/recuperação interna															
070213 - Resíduos e refugos de plásticos	1.978,71 kg	Reciclagem externa															
160117 - Sucatas metálicas ferrosas	680,16 kg	Reciclagem externa															
160118 - Sucatas metálicas não ferrosas	56,76 kg	Reciclagem externa															

Código e Descrição	Quant./Dia	Destino Final
200102 - Vidro	2,36 kg	Reciclagem externa

Obs.: As informações das sessões 1, 2 e 3 são de responsabilidade do requerente.

4 - CONDICIONANTES

1. Trata-se de Renovação da Licença de Operação n° 29159, para atividade de matadouro frigorífico para abate de 6.400 suínos/dia, fábrica de conservas, embutidos e defumados, situado na Rua Bahia, 159, município de Medianeira-PR.

2. Coordenadas em UTM: 21J 791.544 E/ 7.223.430 N

3. O não cumprimento à legislação ambiental vigente sujeitará a empresa e/ou seus representantes, às sanções previstas na Lei Federal 9.605/98, e seus decretos reguladores.

4. Os níveis de pressão sonora (ruídos) decorrentes da atividade desenvolvida no local do empreendimento deverão estar em conformidade com aqueles preconizados pela Resolução CONAMA N.º 001/90.

5. Os critérios adotados para emissão da presente Licença de Operação poderão ser reformulados e/ou complementados de acordo com o desenvolvimento científico e tecnológico e a necessidade de preservação ambiental.

6. A concessão desta licença não impedirá exigências futuras, decorrentes do avanço tecnológico ou da modificação das condições ambientais, conforme Decreto Estadual 857/79 - Artigo 7º, § 2º.

7. A presente Licença foi emitida de acordo com o que estabelecem os Artigos 8º, Inciso III da Resolução N° 237/97 - CONAMA, e 2º, Inciso V da Resolução N° 065/2008 - CEMA, 01 de julho de 2008, e autoriza a operação propriamente dita do empreendimento e atividade, devendo ser observados rigorosamente, durante sua operação, os itens abaixo listados, bem como outros eventuais, constantes de fases anteriores do licenciamento ambiental.

8. As ampliações ou alterações nos processos de produção ou volumes produzidos, ora licenciados, de conformidade com o estabelecido pela Resolução CEMA n° 65, 01 de julho de 2008, ensejarão novos licenciamentos, prévio de instalação e de operação, para a parte ampliada ou alterada.

9. A presente Licença de Operação, em conformidade com o que consta do Artigo 19 da Resolução CONAMA N° 237/97 poderá ser suspensa ou cancelada, na ocorrência de violação ou inadequação de quaisquer condicionantes ou normas legais, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a sua emissão, bem como na superveniência de graves riscos ambientais e de saúde, sendo assim deverão ser apresentados os documentos e atendidos os condicionantes acima estabelecidos, caso contrário, a presente Licença de Operação será cancelada.

10. Para utilização agrícola dos resíduos gerados na atividade, deverá ser solicitada Autorização Ambiental específica, conforme estabelecido na Portaria IAP N.º 224/2007.

11. No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade.

12. A presente licença não contempla aspectos de segurança das instalações, estando restrita a aspectos ambientais.

13. É terminantemente proibida a queima a céu aberto de qualquer tipo de material.

14. Outros resíduos líquidos, eventualmente gerados, em outras operações e atividades diversas levadas a efeito, de forma permanente ou sazonalmente no local, deverão ser objeto de procedimentos idênticos aos conferidos aos resíduos sólidos.

15. Quaisquer operações e/ou equipamentos que envolvam a utilização de produtos líquidos poluentes, tais como combustíveis em geral, óleo lubrificante, hidráulico, de corte, produtos químicos em geral e outros eventuais, quaisquer sejam, deverão ser dotados de dispositivos de contenção adequados, instalados nos locais onde a referidas operações forem realizadas e/ou onde os mencionados equipamentos estiverem instalados, para que em casos de vazamentos, estes líquidos permaneçam confinados nos respectivos locais.

16. A renovação da presente licença deverá ser requerida com antecedência mínima de 120 (cento e vinte) dias da expiração de seu prazo de validade.

17. Deverá atender o Artigo 73 da Resolução CEMA n° 065/2008 em caso de ampliações ou alterações definitivas nos processos de produção e/ou nos volumes produzidos pelas indústrias e ampliação ou alterações definitivas dos demais empreendimentos

18. A água fornecida para consumo humano e industrial, é proveniente de dois Poços Artesianos os quais contam com portarias de outorga n° 1018/2009 e 054/210 ambas com validade de 10 anos;

19. A atividade conta com várias caldeiras movidas a lenha, as quais contam com relatório de monitoramento das emissões atmosféricas aprovado pelo DEPAM com parecer técnico 15.239/2016, o qual está anexo no SGA.

20. O esgoto sanitário é encaminhado para um tanque séptico, onde ocorre digestão anaeróbia e posteriormente é destinada ao tratamento biológico juntamente com as águas residuárias provenientes das linhas verde e vermelha que são direcionados para lagoas e lançado no Rio Alegria.

21. De acordo com o PCA apresentado, as águas residuárias provinda do setor industrial, é tratada pela ETE, que constituem de tratamento primário, secundário e terciário. Sendo que o tratamento primário consiste em linhas verdes e vermelhas, constituídos de peneiras estáticas e sólidos encaminhados para o Biodigestor, e o efluente Líquido segue para os decantadores. O tratamento secundário consiste em Lagoa anaeróbia um e dois, lagoa aerada, seguida de lagoa de decantação e o tratamento terciário segue para o flotor físico-químico, e o efluente final é lançado para o Rio Alegria. Salientamos que a empresa conta com portaria de Outorga para lançamento de efluente n° 310/2011 - DPCA.

22. a - De acordo com projeto para disposição de lodo do biodigestor apresentado, o lodo poderá ser utilizado como condicionador de solos em áreas de cultivo de eucaliptos e outros cultivos, pertencentes à empresa ou áreas de terceiros. A disposição do lodo em solo, conta com Pareceres Técnicos n°s 021/2012 e 037/2013 DEPOL/ERTOL. A utilização do lodo como condicionador de solo deverá atender as condicionantes abaixo descritas:

23. b - Apresentar análise anual das características físico-químicas do lodo do biodigestor (biofertilizantes) utilizado como condicionador de solos nas áreas das parcelas

24. c - Realizar o uso de biofertilizantes como condicionador de solos em parcelas com área de tamanho não superior a 1 (um) hectare, mantendo a mesma área parcela testemunha de igual tamanho sem o uso de biofertilizantes para as devidas comparações;

25. d - A empresa deverá anualmente coletar e apresentar pelo menos duas amostras aleatórias do solo em cada parcela (inclusive da parcela testemunha) realizado análise das condições físico-químicas do solo (incluindo entre os parâmetros a relação Carbono/Nitrogênio além daqueles que já constam nos laudos das análises físico-químicas do solo apresentado pela empresa);

26. e - Também apresentar anualmente pelo menos uma amostra do conteúdo mineral das plantas cultivadas nas parcelas em que o solo vem sendo condicionado com o fertilizante, e também, da(s) parcela(s) testemunha(s);

27. f - Realizar em pelo menos dois locais de maior declividade do terreno a implantação de poços de monitoramento para avaliação da qualidade físico-químico das águas presentes no lençol freático.

28. g - Todas as análises deverão ser realizadas por laboratórios acreditados pelo INMETRO;

29. h - Apresentar obrigatoriamente ao IAP o Relatório anual do automonitoramento das parcelas fértilrigadas .



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO



Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA
Instituto Ambiental do Paraná - IAP

Número do Protocolo
13.970.093-7

Número do Documento
116461-R1

Validade da Licença
27/09/2020

RENOVAÇÃO DE LICENÇA DE OPERAÇÃO

O Instituto Ambiental do Paraná - IAP, com base na legislação ambiental e demais normas pertinentes, e tendo em vista o contido no expediente protocolado sob o nº 13.970.093-7, concede RLO - Renovação de Licença de Operação nas condições e restrições abaixo especificadas.

1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR		
CPF/CNPJ 02.914.460/0198-46	Nome/Razão Social SEARA ALIMENTOS LTDA	
RG/Inscrição Estadual 9059240606	Logradouro e Número AV. PERIMETRAL NORTE, 901	
Bairro CENTRO	Município / UF Carambei/PR	
	CEP 84.145-000	
2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO		
Atividade Alimentos	Porte Excepcional	
Atividade Específica Abatedouro de Suínos, Fabricação de Outros Produtos Alimentícios Não Especificados Anteriormente		
Detalhes da Atividade abatedouro de suínos e industrialização de produtos de origem animal		
Coordenadas UTM (E-N) 587766.6 - 7241550.8	Logradouro e Número AV. DOS PIONEIROS, 2510, BR	
Bacia Hidrográfica Tibagi	Município / UF Carambei/PR	
	CEP 84.145-000	
3. CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO		
3.1 MATÉRIA-PRIMA		
Descrição carne refrigerada e congelada (aves, suã&shy;nos e bovinos)	Quant./Dia 1200.00 t	
suã&shy;nos vivos	3500.00 unid	
3.2 PRODUTO ELABORADO		
Descrição carne suã&shy;na em cortes congelados	Quant./Dia 300.00 t	
produtos industrializados de origem animal	340.00 t	
3.3 ÁGUA UTILIZADA		
Origem Água Poço Profundo	Tipo de Uso Humano e Empreendimento	
	Volume (m³/hora) 180,00	
	Nº Outorga --	
	Coordenadas UTM (E-N) --	
3.4 EFLUENTES LÍQUIDOS		
Origem Efluente Efluentes gerados no processo industrial	Forma Tratamento ETE-T	
	Destino Final ETE-T	
	Vazão (m³/hora) 120,00	
	Nº Outorga --	
	Coordenadas UTM (E-N) --	
3.8 RESÍDUOS SÓLIDOS		
Código e Descrição	Quant./Dia	Destino Final
150202 - Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo não anteriormente	27,00 kg	Aterro Industrial Terceiros
150102 - Embalagens de plástico	0,50 kg	Retorno ao fabricante
150102 - Embalagens de plástico	0,50 kg	Sucateiros intermediários
180401 - Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como lâminas de barbear, agulhas,	0,25 kg	Aterro Industrial Terceiros
191202 - Metais ferrosos	18,18 kg	Sucateiros intermediários
130201 - Óleos de motores, transmissões e lubrificação usados ou contaminados	0,05 l	Re-refino de óleo
191213 - Outros resíduos (incluindo misturas de materiais) do tratamento mecânico de	1.400,00 kg	Aterro Industrial Terceiros
200101 - Papel e cartão	666,00 kg	Sucateiros intermediários
191204 - Plásticos	1.370,00 kg	Sucateiros intermediários
020202 - Resíduos de tecidos animais e orgânico de processo (sebo, soro, ossos, sangue, etc.)	200,00 kg	Ração animal
020202 - Resíduos de tecidos animais e orgânico de processo (sebo, soro, ossos, sangue, etc.)	827,00 kg	Ração animal
020202 - Resíduos de tecidos animais e orgânico de processo (sebo, soro, ossos, sangue, etc.)	13.000,00 kg	Ração animal
020202 - Resíduos de tecidos animais e orgânico de processo (sebo, soro, ossos, sangue, etc.)	2.800,00 kg	Incorporação em solo agrícola
Obs.: As informações das sessões 1, 2 e 3 são de responsabilidade do requerente.		
4 - CONDICIONANTES		
1. O não cumprimento à legislação ambiental vigente sujeitará a empresa e/ou seus representantes, às sanções previstas na Lei Federal 9.605/98, e seus decretos reguladores.		
2. Os níveis de pressão sonora (ruídos) decorrentes da atividade desenvolvida no local do empreendimento deverão estar em conformidade com aqueles preconizados pela Resolução CONAMA N.º 001/90.		
3. Os critérios adotados para emissão da presente Licença de Operação poderão ser reformulados e/ou complementados de acordo com o desenvolvimento científico e tecnológico e a necessidade de preservação ambiental.		
4. A concessão desta licença não impedirá exigências futuras, decorrentes do avanço tecnológico ou da modificação das condições ambientais, conforme Decreto Estadual 857/79 - Artigo 7º, § 2º.		
5. A presente Licença foi emitida de acordo com o que estabelecem os Artigos 8º, Inciso III da Resolução N° 237/97 - CONAMA, e 2º, Inciso V da Resolução N° 065/2008 - CEMA, 01 de julho de 2008, e autoriza a operação propriamente dita do empreendimento e atividade, devendo ser observados rigorosamente, durante sua operação, os itens abaixo listados, bem como outros eventuais, constantes de fases anteriores do licenciamento ambiental.		
6. As ampliações ou alterações nos processos de produção ou volumes produzidos, ora licenciados, de conformidade com o estabelecido pela Resolução CEMA nº 65, 01 de julho de 2008, ensejarão novos licenciamentos, prévio de instalação e de operação, para a parte ampliada ou alterada.		
7. A presente Licença de Operação, em conformidade com o que consta do Artigo 19 da Resolução CONAMA N° 237/97 poderá ser suspensa ou cancelada, na ocorrência de violação ou inadequação de quaisquer condicionantes ou normas legais, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a sua emissão, bem como na superveniência de graves riscos ambientais e de saúde, sendo assim deverão ser apresentados os documentos e atendidos os condicionantes acima estabelecidos, caso contrário, a presente Licença de Operação será cancelada.		
8. Para utilização agrícola dos resíduos gerados na atividade, deverá ser solicitada Autorização Ambiental específica, conforme estabelecido na Portaria IAP N.º 224/2007.		
9. No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade.		

16. A renovação da presente licença deverá ser requerida com antecedência mínima de 120 (cento e vinte) dias da expiração de seu prazo de validade.

Assinatura do Representante do IAP

EDEMILSON LUIZ QUADROS
Escritório Regional de Ponta Grossa



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO



Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA
Instituto Ambiental do Paraná - IAP

Número do Protocolo
14.188.681-9

Número do Documento
131515

Validade da Licença
29/08/2023

LICENÇA DE OPERAÇÃO

O Instituto Ambiental do Paraná - IAP, com base na legislação ambiental e demais normas pertinentes, e tendo em vista o contido no expediente protocolado sob o nº 14.188.681-9, concede LO - Licença de Operação nas condições e restrições abaixo especificadas.

1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	
CPF/CNPJ 76.098.219/0019-66	Nome/Razão Social COOPAVEL COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL
RG/Inscrição Estadual 9068568916	Logradouro e Número Lote Rural nº 01, Gleba nº 01, 0, Estrada Água do Sabiá
Bairro ---	Município / UF Cascavel/PR
	CEP 85.821-000
2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	
Atividade Suinocultura	Porte Excepcional
Atividade Específica Suinocultura	
Detalhes da Atividade unidade de produção de leitões	
Coordenadas UTM (E-N) 250860.0 - 7197066.6	Logradouro e Número Lote nº 01, Gleba nº 01, 0, Imóvel Água do Sabiá
Bacia Hidrográfica Iguaçu	Município / UF Cascavel/PR
	CEP 85.821-000
3. CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO	
3.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO	
Descrição Matrizes	Quant./Suínos 12.600
Sistema de Criação: Confinamento - Tipo de Granja: Unidade Produtora de Leitão (UPL)	
3.2 PRODUTO UTILIZADO	
Descrição desinfetantes/sanitizantes	Quant./Dia 50.00 l
medicamentos	30.00 unid
rações	30.00 t
3.3 ÁGUA UTILIZADA	
Origem Água Rede Pública	Tipo de Uso Humano e Empreendimento
	Volume (m³/hora) 26,00
	Nº Outorga --
	Coordenadas UTM (E-N) --
3.4 EFLUENTES LÍQUIDOS	
Origem Efluente Efluente de esgoto sanitário	Forma Tratamento ETDI
	Destino Final Sumidouro
	Vazão (m³/hora) 2,00
	Nº Outorga --
	Coordenadas UTM (E-N) --
Produção de dejetos	ETDI
	Corpo Hídrico
	22,00
	430/2015
	250400.61 - 7196494.47
3.5 LIMITES PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS	
Parâmetro Cobre Dissolvido	Valor Limite 1,00 - mg/L
DQO - Demanda Química de Oxigênio	150,00 - mg/L
Nitrogênio Amoniacal Total	20,00 - mg/L
Zinco Total	5,00 - mg/L
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	50,00 - mg/L
Parâmetro DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio	Valor Limite 50,00 - mg/L
Materiais Sedimentáveis	1,00
Temperatura	40,00 - °C
pH - Potencial Hidrogeniônico	9,00
--	--
3.6 CONDIÇÕES PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES	
a) pH entre 5 a 9	
b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura	
c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes	
d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente	
3.7 RESÍDUOS SÓLIDOS	
Código e Descrição 020106 - Fezes, urina e esturmo de animais (incluindo palha suja), efluentes recolhidos	Quant./Dia 200,00 kg
	Destino Final Incorporação em solo agrícola
180401 - Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como lâminas de barbear, agulhas,	1,00 kg
200140 - Metais	40,00 kg
200101 - Papel e cartão	60,00 kg
200139 - Plásticos	50,00 kg
020102 - Resíduos de tecidos animais	800,00 kg
	Incorporação em solo agrícola

Obs.: As informações das sessões 1, 2 e 3 são de responsabilidade do requerente.

4 - CONDICIONANTES

1. A presente Licença foi emitida de acordo com o que estabelecem os Artigos 8º, Inciso III da Resolução Nº 237/97 - CONAMA, e 2º, Inciso V da Resolução Nº 065/2008 - CEMA, 01 de julho de 2008, e autoriza a operação propriamente dita do empreendimento e atividade, devendo ser observados rigorosamente, durante sua operação, os itens abaixo listados, bem como outros eventuais, constantes de fases anteriores do licenciamento ambiental.

2. Para uso de resíduos no solo, considerar a legislação vigente do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) nº 25/2009, anexo 4, que permite o uso de composto de resíduos de origem animal e da criação de animais (Cama de aves, esterco de aves ou de suínos), em pastagens e capineiras apenas com incorporação ao solo. No caso de pastagens, permitir pastoreio somente após 40 dias depois da incorporação do fertilizante ao solo. Uso proibido na alimentação de ruminantes, armazenar em local protegido do acesso destes animais

3. Esta Licença foi concedida com base nas informações apresentadas pelo requerente e não dispensa, tão pouco, substitui quaisquer outros Alvarás e/ou Certidões de qualquer natureza a que, eventualmente, esteja sujeita, exigidas pela legislação federal, estadual ou municipal.

4. A concessão desta licença não impedirá exigências futuras, decorrentes do avanço tecnológico ou da modificação das condições ambientais, conforme Decreto Estadual 857/79 - Artigo 7º, § 2º.

5. O não cumprimento à legislação ambiental vigente sujeitará a empresa e/ou seus representantes, às sanções previstas na Lei Federal 9.605/98, e seus

decretos reguladores.

6. Os resíduos sólidos gerados e relacionados à atividade desenvolvida, quaisquer sejam e em qualquer época, com a finalidade de evitar danos ambientais, deverão ser convenientemente armazenados e reutilizados no próprio local e/ou, encaminhados a terceiros para reutilização e/ou destinação final adequadas, em empreendimentos e atividades devidamente licenciados por este Instituto para a realização dos referidos serviços, conforme Portaria 224/07 do IAP, sendo vedados procedimentos diferentes destes especificados

7. Não deverá ocorrer, em qualquer época, o descarte no meio ambiente de efluentes líquidos originados diretamente no processo produtivo, uma vez que tais efluentes não foram previstos na documentação apresentada pela requerente, para análise por parte deste Instituto Ambiental do Paraná.

8. Os esgotos sanitários, anteriormente ao seu descarte, deverão ser encaminhados para tratamento adequado, salvo na situação em que o seu lançamento venha a ser efetuado em rede coletora pública. É proibido o lançamento de esgotos sanitários e de quaisquer outros resíduos líquidos em galerias de águas pluviais.

9. A presente Licença de Operação, em conformidade com o que consta do Artigo 19 da Resolução CONAMA N° 237/97 poderá ser suspensa ou cancelada, na ocorrência de violação ou inadequação de quaisquer condicionantes ou normas legais, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a sua emissão, bem como na superveniência de graves riscos ambientais e de saúde, sendo assim deverão ser apresentados os documentos e atendidos os condicionantes acima estabelecidos, caso contrário, a presente Licença de Operação será cancelada.

10. Na eventualidade da utilização pelo empreendimento de águas subterrâneas e/ou superficiais, em qualquer época, deverá ser observado o que estabelecem sobre o tema a Lei Estadual N° 12.726/99 e o Decreto 4646/01

11. Em ocorrendo a necessidade da remoção de qualquer tipo de cobertura vegetal na área da empresa, esta deverá ser precedida de Autorização específica a ser obtida junto a este Instituto, conforme estabelecido na legislação vigente.

12. Não será permitido qualquer tipo de ocupação, construção e/ou obra em área de preservação permanente.

13. Para lançamento no solo: a) Parâmetros Agrônômicos - pH, densidade, relação C/N, matéria orgânica total, nitrogênio total, P2O5 total, carbono total, K2O, devem ser quantificados e utilizados para fins de cálculo da quantidade de dejetos a ser aplicado no solo, de acordo com a recomendação de adubação para a cultura utilizada; b) A concentração máxima de metais pesados admissíveis nos dejetos no solo, são aquelas de Classe de Uso Potencial I, II, III, para solos de uso intensivo e Uso Potencial IV, para culturas perenes, classificadas segundo os critérios, estabelecidos no sistema de Classificação de Terras para Disposição Final de Dejetos Suínos. c) Área de Aplicação - as áreas aptas para utilização dos dejetos no solo, são aquelas de Classe de Uso Potencial I, II, III, para solos de uso intensivo e Uso Potencial IV, para culturas perenes, classificadas segundo os critérios, estabelecidos no sistema de classificação de Terras para Disposição Final de Dejetos Suínos.

14. d) Taxa de aplicação no solo (m3/há) - deve ser calculada com base nas características físico-químicas dos dejetos, da interpretação da análise química do solo e da necessidade da cultura. e) Taxa de aplicação Máxima (m3/ha/ano) - É a máxima quantidade de dejetos em m3 por hectare de solo e por ano que pode ser aplicada ao solo.

15. SERÁ PROIBIDO O LANÇAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO E DE QUAISQUER OUTROS RESÍDUOS LÍQUIDOS EM GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, sem Autorização expressa da Prefeitura Municipal.

16. O imóvel, objeto deste licenciamento, deverá ser registrado no Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SICAR-PR, até o prazo de 31 de Dezembro de 2017, para os imóveis de até 4 módulos fiscais, conforme a Medida Provisória 707/2015

17. A presente Licença de Operação foi emitida de acordo com o que estabelecem os Artigos 8º, Inciso III da Resolução CONAMA n.º 237/97, Resolução SEMA/IAP n.º 31/98 e CEMA 056/08 autoriza a operação do empreendimento e atividade, devendo ser observados rigorosamente, durante sua operação, os itens abaixo listados, bem como outros eventuais, constantes de fases anteriores de licenciamento ambiental.

18. - As ampliações ou alterações nos processos de produção ou volumes produzidos ora licenciados, total de 54.680 animais, matrizes e leitões e machos, de conformidade com o estabelecido na Resolução CEMA 065/08, deverão ser objeto de novo licenciamento ambiental.

19. - Atender o Projeto de disposição de dejetos conforme as quantidades, época de aplicação.

20. - Atender o Projeto de disposição de dejetos conforme as quantidades, época de aplicação.

21. - Manter vigilância evitando que efluentes sejam lançado em corpo hídrico e vazamentos do sistema de tratamento

22. - EFETUAR A RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM BEIRA DE NASCENTES, CÓRREGOS E OUTROS CORPOS HIDRÍCOS.

23. - Retirar o gado das áreas de preservação permanente, reservas e matas.

24. - Efetuar manutenção periódica no sistema de conservação de solo nas áreas na qual serão aplicado os dejetos

25. - Proibido a aplicação próximo de residências de vizinhos e de áreas urbanas, escolas, comunidade etc.

26. PARÂMETROS DE LANÇAMENTO PARA EFLUENTES LÍQUIDOS:

27. a) - pH entre 5 a 9.

28. b) - Temperatura: Inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

29. c) - Material sedimentado: até 1,0 ml/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentados deverão estar virtualmente ausentes;

30. d) - Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente.

31. e) - Óleo e graxas;

32. - Óleo minerais;

33. - Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L

34. f) - Ausência de materiais flutuantes;

35. g) - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): 60 mg/L;

36. h) - Demanda de Oxigênio - DQO: 200mg/L;

37. i) - Sódios Suspensos - SS: 60 mg/L;

38. OBS: Os itens g, h, i, estão de acordo à Portaria de Outorga Prévia de Lançamento de Efluentes sob. N° 430/2015, emitida através do Instituto das Águas do Paraná em 13/05/2015, com validade de 2 anos, sendo que o presente licenciamento deverá atender todas as disposições e prazos deste Portaria.

39. APRESENTAR RELATÓRIO SEMESTRAL DE AUTO MONITORAMENTO, COM ANÁLISES MENSIS DO EFLUENTE FINAL PARA OS PARÂMETROS: DBO, DQO, PH, OG, MS ALÉM DE COLIFORMES FECAIS E TOTAIS

40. A concessão desta Licença não impedirá exigências futuras, decorrentes do avanço tecnológico ou da modificação das condições ambientais, conforme disposto no artigo 7º § 2º do Decreto Estadual N.º 857/79.
41. O não cumprimento à Legislação Ambiental vigente, sujeitará a empresa e/ou seus representantes, às sanções previstas na Lei Federal N.º 9.605/ 98, regulamentada pelo Decreto Federal N.º 6514/08.
42. Este imóvel deverá atender a legislação ambiental Federal, Estadual, cadastrar o CAR.
43. COORDENADAS: 22-J-0250798, UTM-7196938.
44. - O prazo de validade desta Licença de Operação é de 72 meses.

Cascavel, 29 de Setembro de 2017

Súmula dessa licença deverá ser publicada no Diário Oficial do Estado e em jornal de grande circulação local ou regional, no prazo máximo de 30 (trinta) dias, nos termos da resolução CONAMA nº 006/86. Esta LICENÇA DE OPERAÇÃO, tem a validade acima mencionada, devendo em sua renovação ser solicitada ao IAP com antecedência mínima de 120 (cento e vinte) dias. Quaisquer alterações ou expansões nos processos de produção ou volumes produzidos pela indústria e alterações ou expansões no empreendimento, deverão ser licenciados pelo IAP. Esta LICENÇA DE OPERAÇÃO deverá ser afixada em local visível.

Assinatura do Representante do IAP

HÉLIO NETHSON
Escritório Regional de Cascavel